(19) **Bundesrepublik Deutschland**
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 695 33 783 T2** 2005.03.31

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 691 548 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **695 33 783.1**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **95 304 129.0**
(96) Europäischer Anmeldetag: **15.06.1995**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **10.01.1996**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **24.11.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **31.03.2005**

(51) Int Cl.[7]: **G01R 33/383**

(30) Unionspriorität:
**18066594 08.07.1994 JP**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**DE, FR, GB, NL**

(73) Patentinhaber:
**Neomax Co., Ltd., Osaka, JP**

(74) Vertreter:
**Lorenz und Kollegen, 89522 Heidenheim**

(72) Erfinder:
**Ohta, Kimiharu, Takatsuki-shi, Osaka, JP; Hashimoto, Shigeo, Nishinomiya-shi, Hyogo Prefecture, JP; Yuki, Masahiro, Mishima-gun, Osaka, JP; Sakurai, Hideya, Mishima-gun, Osaka, JP**

(54) Bezeichnung: **Gerät zur Erzeugung des Magnetfeldes für Bilderzeugung mittels magnetischer Resonanz**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

### Anwendungsbereich der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Verbesserung einer Magnetfelderzeugungsvorrichtung zur Verwendung in einer Magnetresonanzbilderzeugungsvorrichtung (nachfolgend als MRI /Magnetic Resonance Imaging/ Magnetresonanzbilddarstellung bezeichnet) zur Verwendung bei medizinischen Behandlungen und dergleichen. Umfassend ausgedrückt betrifft die Erfindung eine MRI-Magnetfelderzeugungsvorrichtung, die zur Verringerung von Wirbelströmen in ihren Polstücken durch ansteigende Magnetfeldspulen vorgesehen ist, ohne die Gleichförmigkeit eines Magnetfeldes in dem den Arbeitsspalt darstellenden Luftraum zu verschlechtern, wodurch eine Hochgeschwindigkeitsbildaufnahme möglich wird.

**[0002]** Der Vorschlag gemäß der vorliegenden Erfindung ist in Anspruch 1 festgelegt, wobei weitere bevorzugte Merkmale in den Unteransprüchen festgelegt sind.

### Beschreibung des Standes der Technik

**[0003]** Bei der MRI handelt es sich um eine Vorrichtung, die in der Lage ist, tomografische Bilder einer Person zu erhalten, um soweit wie möglich die Art der Gewebe derselben zu visualisieren, indem eine teilweise oder ganz zu diagnostizierende Person in den Luftraum einer Magnetfelderzeugungsvorrichtung eingeführt wird, in der ein starkes Magnetfeld ausgebildet wird.

**[0004]** Bei der MRI-Magnetfelderzeugungsvorrichtung ist es notwendig, dass der Raum ein solches Ausmaß aufweist, dass er in der Lage ist, den Körper einer zu diagnostizierenden Person ganz oder teilweise aufzunehmen, wobei es erforderlich ist, dass ein stabiles und intensives, einheitliches Magnetfeld von 0,02 bis 2,0 T, welches eine Genauigkeit von weniger als $1 \times 10^{-4}$ (normalerweise) aufweist, in einem Bildaufnahmesichtfeld in dem Raum ausgebildet wird, um klare tomografische Bilder zu erhalten.

**[0005]** In dem Dokument EP 04 88 015 ist eine Vorrichtung offenbart, wie sie in dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 2 dargestellt ist. Eine Luftspaltschicht (**15**) liegt zwischen einer Basisschicht (**11b**) und einer Platte (**11d**), die aus weichem Ferrit bestehen. Durch diese Konstruktion wird das Kippen der Platte (**11d**) ermöglicht.

**[0006]** Eine bekannte Anordnung einer MRI-Magnetfelderzeugungsvorrichtung ist in **Fig.** 6(A) und (B) dargestellt, wobei ein Paar von Dauermagnetbestandteilen **1**, **1** unter Verwendung von R-Fe-B-Magneten einander gegenüberliegt, wobei die Polstücke **2** und **2** an jeweils einem Ende (als Magnetfelderzeugungsquelle) befestigt, und an den anderen Enden mit Jochen **3** verbunden sind, um ein statisches Magnetfeld in einem Raum **4** zwischen den Polstücken **2** und **2** zu erzeugen (Japanische Patentveröffentlichung Hei 2-23010, die der Japanischen Patentanmeldung 60-088407 entspricht). In der Figur ist eine Ausführungsform dargestellt, bei der die Joche **3** mit einem Paar von Plattenjochen **3a** und **3b** und vier säulenartigen Jochen **3c** ausgebildet sind.

**[0007]** Für die Polstücke **2** und **2** wird eine Anordnung zur Bereitstellung eines ringförmigen Vorsprunges **5** an dem Umfang, und weiterhin ein konvexer Vorsprung (nicht dargestellt) an einem Mittelabschnitt verwendet, um die Einheitlichkeit einer Magnetfeldverteilung in dem Raum **4** zu steigern (Japanische Gebrauchsmusterveröffentlichung Hei 5-37446).

**[0008]** Weiterhin ist es bekannt, die oben erwähnten Dauermagnetbestandteile **1** und **1** als Magnetfelderzeugungsquelle durch elektromagnetische Spulen zu ersetzen (die zum Beispiel normale Leitspulen und Supraleitspulen umfassen), die um den Umfang eines Kernes (nicht dargestellt) gewickelt sind (offengelegtes Japanisches Patent Hei 4-288137), wobei Polstücke verwendet werden, die denjenigen in **Fig.** 6 ähnlich sind.

**[0009]** Es ist auch eine auf der in **Fig.** 6 dargestellten Konstruktion basierende Magnetfelderzeugungsvorrichtung bekannt, bei welcher vier säulenförmige Joche **3c** durch ein C-förmiges Joch ersetzt werden, wobei ein Paar von Plattenjochen **3a** und **3b** nur an einem Ende mittels eines Plattenjoches **3d** (Japanisches Geschmacksmuster Nr. 847566) verbunden ist, wie in **Fig.** 7 dargestellt.

**[0010]** Weiterhin ist, wie in **Fig.** 8 dargestellt, auch eine Magnetfelderzeugungsvorrichtung bekannt, bei, der säulenförmige Joche **3c** an beiden Enden eines Paares von Plattenjochen **3a** und **3b** (in einer Position auf oder hinter einer durch den Mittelpunkt eines Dauermagnetbestandteils **1**, und senkrecht zu der Richtung des Einführens einer zu diagnostizierenden Person gedachten, verlaufenden Linie verläuft) (offengelegtes Japanisches Patent Hei 6-78893).

**[0011]** Der in **Fig.** 7 und **Fig.** 8 dargestellte Aufbau weist im Vergleich zu dem in **Fig.** 6 dargestellten Aufbau den Vorteil auf, dass er in Richtung des Einführens der zu diagnostizierenden Person in den Raum **4** frei ist, und der Person kein bedrückendes Gefühl vermittelt. Auch bei diesem Aufbau werden den in **Fig.** 6 dargestellten ähnliche Polstücke verwendet.

**[0012]** Bei einer vorgeschlagenen Magnetfelderzeugungsvorrichtung mit einem anderen Aufbau, wie in **Fig.** 9 dargestellt, sind Dauermagnetbestandteile **11**, **11** mit rechteckigem Querschnitt und Dauermagnetbestandteile **12**, **12**, **12**, **12** mit dreieckigem Querschnitt, die jeweils aus einem R-Fe-B-Magneten bestehen, als eine Magnetfelderzeugungsquelle auf einer Innenumfangsfläche mit einem vieleckigen (in der Zeichnung rechteckigen) zylindrischen Joch **10** angeordnet, wobei insbesondere Polstücke **13** und **13** mit dem Raum gegenüberliegenden Flächen eines Paares von Dauermagnetbestandteilen **11** und **11** mit rechteckigem Querschnitt befestigt sind, die ein Hauptmagnetfeld ausbilden und dadurch ein statisches Magnetfeld in dem Raum **14** zwischen den Polstücken **13** und **13** erzeugen (offengelegtes Japanisches Patent Hei 6-151160, welches der EP 0591542 entspricht).

**[0013]** Zur Steigerung der Einheitlichkeit einer Magnetfeldverteilung in dem Raum **14** ist das Paar von Polstücken **13** und **13** an beiden Axialenden derselben mit Vorsprüngen **15** und **15** jeweils in Form einer rechteckigen Stange versehen, die in ihrem Mittelabschnitt einen Vorsprung **16** in Form einer rechteckigen Platte aufweist.

**[0014]** Wie zuvor beschrieben, sind verschiedene Zusammensetzungen der Magnetfelderzeugungsvorrichtung zur Verwendung bei der MRI bekannt. Bei jeder dieser Zusammensetzungen sind Polstücke auf den dem Raum gegenüberliegenden Flächen angeordnet, um die Einheitlichkeit der Magnetfeldverteilung in dem Raum **4** zu steigern, wobei die Polstücke gewöhnlich einen großvolumigen Ausschnitt aus einem magnetischem Werkstoff wie zum Beispiel elektromagnetischem Weicheisen oder Reineisen aufweisen.

**[0015]** Bei der MRI werden ansteigende Magnetfeldspulen (GC), die aus drei Sätzen von Spulengruppen bestehen, die drei Richtungen X, Y und Z entsprechen, gewöhnlich in der Nähe von Polstücken angeordnet, die jeweils in Richtung der dem Raum gegenüberliegenden Flächen der Dauermagnetbestandteile angeordnet sind (die ansteigenden Magnetfeldspulen sind in **Fig.** 6 einfach mit **6** angegeben), wobei ein ansteigendes Magnetfeld in einer gewünschten Richtung innerhalb des Raumes durch die Anwendung eines Impulsstromes auf die ansteigenden Magnetfeldspulen erzeugt werden kann.

**[0016]** Die Positionsinformationen werden nämlich durch die Anwendung eines ansteigenden Magnetfeldes auf das in dem Raum ausgebildete einheitliche Magnetfeld an nuklearmagnetische Resonanzsignale übergeben, wobei es zum Erhalten von Bildern notwendig ist, eine Mehrzahl von ansteigenden Impulsmagnetfeldern anzuwenden.

**[0017]** So ist zum Beispiel eine ideale Wellenform eines durch ansteigende Magnetfeldspulen erzeugten Magnetfeldes in **Fig.** 10(A) konzeptionell veranschaulicht, wobei es sich um eine rechteckige Wellenform mit extrem kurzer Zeitdauer handelt, um eine zuvor festgelegte Magnetfeldstärke zu erreichen (Anstiegs- und Abstiegszeitdauer), und weist eine symmetrische Form auf, bei welcher eine Wellenhöhe zwischen Positiv-(+) und Negativ-(–)-seiten ($B_1 = B_2$) gleich ist. Weiterhin wird die Magnetfeldstärke zwischen aneinandergrenzenden rechteckigen Wellenformen auf 0 verringert.

**[0018]** Da die Polstücke jedoch in der Nähe der ansteigenden Magnetfeldspulen angeordnet sind, wenn den ansteigenden Magnetfeldspulen ein Impulsstrom zugeführt wird, verändert sich das Magnetfeld nach dem Anstieg und Abstieg des Impulsstromes abrupt, so dass ein Wirbelstrom in den Polstücken erzeugt wird, die wie oben beschrieben jeweils einen aus elektromagnetischem Weicheisen, Reineisen oder dergleichen bestehenden Grundwerkstoff aufweisen. Zusätzlich werden die Polstücke durch die Magnetfelder der ansteigenden Magnetfeldspulen magnetisiert, so dass die Einheitlichkeit des Magnetfeldes in dem Raum auf Grund der magnetischen Hysterese (Remanenzmagnetismus) in den Polstücken gestört wird.

**[0019]** Die Erzeugung von Wirbelstrom oder von Remanenzmagnetismus stört die Wellenform der durch die ansteigenden Magnetfeldspulen erzeugten Magnetfelder erheblich.

**[0020]** Es wird nämlich, wie in **Fig.** 10(B) dargestellt, viel Zeit benötigt, um eine zuvor festgelegte Magnetfeldstärke (Anstiegs- oder Abstiegszeitdauer) zu erreichen, wobei sich die Wellenformen der Positiv-(+) und Negativ-(–)-seiten ($B_1$ $B_2$) voneinander unterscheiden, so dass eine asymmetrische Wellenform ausgebildet wird. In der Figur entspricht eine gestrichelte Linie einer in **Fig.** 10(A) dargestellten idealen Wellenform. Zusätzlich wird die Magnetfeldstärke zwischen aneinander angrenzenden rechteckigen Wellenformen nicht auf 0 verrin-

gert, da diese rechteckige Wellenform keine ideale Wellenform ist.

**[0021]** Da es in den letzten Jahren erforderlich wurde, klare Bildaufnahmen mit hoher Geschwindigkeit zu erstellen, wurde oftmals eine Zusammensetzung zum Beispiel unter Verwendung einer Impulsfolge des Schaltens des ansteigenden Magnetfeldes mit einer hohen Geschwindigkeit wie zum Beispiel mit einem FSE-(Fast Spin Echo)-Verfahren verwendet. Wenn jedoch die Wellenform des durch die ansteigenden Magnetfeldspulen erzeugten Magnetfeldes auf Grund der Wirkung des Wirbelstromes oder des Remanenzmagnetismus eine asymmetrische Wellenform darstellt, wie in **Fig.** 10(B) dargestellt, können auf Grund der Erzeugung von Signalfehlern oder dergleichen keine zielgerichteten Bilder erhalten werden.

**[0022]** Der aktuelle Anmelder hat eine MRI-Magnetfelderzeugungsvorrichtung vorgeschlagen, die verschiedene Zusammensetzungen aufweist, die für in der Nähe der ansteigenden Magnetfeldspulen angeordnete Polstücke als Einrichtung zur Lösung der vorangegangenen Probleme verbessert wurde.

**[0023]** So wird zum Beispiel ein in **Fig.** 11 dargestelltes Polstück **20** bei der MRI-Magnetfelderzeugungsvorrichtung verwendet, wobei es sich um ein Polstück handelt, welches eine sogenannte Schichtkonstruktion mit der in **Fig.** 6 dargestellten Zusammensetzung aufweist, wobei ein Reineisenring **22** mit rechteckigem Querschnitt an dem Umfang einer dem Raum gegenüberliegenden Fläche einer aus reinem Eisen bestehenden scheibenförmigen Magnetwerkstoffbasis **21** und eine Mehrzahl blockförmiger Weichferritwerkstoffe **23** in einem Mittelabschnitt liegt (offengelegtes Japanisches Patent Hei 4-23411).

**[0024]** In der Zeichnung stellt ein Reineisenkern **24** ein Substrat zum Anbringen der ansteigenden Magnetfeldspulen dar.

**[0025]** Der Anmelder hat weiterhin ein Polstück, bei dem blockförmiges Schichtsiliziumstahlblech **26** eine Mehrzahl zusammenlaminierter Siliziumstahlbleche aufweist, die in einer dem Raum gegenüberliegenden Richtung integriert sind, und welches wie in **Fig.** 12 und 13 dargestellt, gelegt wird, anstatt des in **Fig.** 11 dargestellten blockförmigen Weichferrits **23** vorgeschlagen (offengelegtes Japanisches Patent Hei 4-138131 und EP0479514).

**[0026]** In **Fig.** 12 sind blockförmige Schichtsiliziumstahlbleche **26** unter Verwendung ausgerichteter Siliziumstahlbleche dargestellt, bei welchen eine Mehrzahl ausgerichteter Siliziumstahlbleche, die jeweils in einer identischen Richtung ausgerichtet sind, zuvor zusammenlaminiert und in Richtung der Dicke so integriert werden, dass sie Unterblöcke **26a** und **26b** ausbilden (die Pfeile in der Figur zeigen die Richtung der Achse der leichten Magnetisierung an) und nachfolgend die Unterblöcke so laminiert und integriert werden, dass die Richtungen der Achsen leichter Magnetisierung der Unterblöcke senkrecht zueinander verlaufen.

**[0027]** In **Fig.** 13 sind blockförmige Schichtsiliziumstahlbleche **26** unter Verwendung nicht ausgerichteter Siliziumstahlbleche dargestellt, wobei sie jeweils unabhängig von der Ausrichtung bei der Zusammensetzung von **Fig.** 12 lediglich in Richtung der Dicke laminiert und integriert sind.

**[0028]** Der Anmelder hat weiterhin ein Polstück **30** wie in **Fig.** 14 dargestellt vorgeschlagen, bei dem die blockförmigen Schichtsiliziumstahlbleche und blockförmigen Weichferrite wirksam laminiert und angeordnet werden (offengelegtes Japanisches Patent Hei 5-182821).

**[0029]** Das heißt, dass ein Reineisenring **32** mit rechteckigem Querschnitt an dem Umfang einer dem Raum gegenüberliegenden Fläche einer aus reinem Eisen bestehenden scheibenförmigen Magnetwerkstoffbasis **31** und blockförmige Schichtsiliziumstahlbleche **36** und ein blockförmiger Weichferrit **33** laminiert und so angeordnet werden, dass die Schichtsiliziumstahlbleche **36** gegen die Magnetwerkstoffbasis **31** anliegen, so dass sie ein Polstück ausbilden.

**[0030]** In **Fig.** 15 ist ein für die MRI-Magnetfelderzeugungsvorrichtung verwendetes Polstück **40** dargestellt, welches die in **Fig.** 9 dargestellte Zusammensetzung aufweist, wobei Reineisenvorsprünge **42**, die jeweils die Form einer rechteckigen Stange aufweisen, an beiden Axialenden derselben angeordnet sind, und ein blockförmiger Weichferrit **43** in einem Mittelabschnitt auf der dem Raum gegenüberliegenden Fläche einer Magnetwerkstoffbasis **41** in Form einer rechteckigen Platte aus Reineisen gelegt wird (offengelegtes Japanisches Patent Hei 6-151160 und EP0591542).

**[0031]** Auch bei dieser Zusammensetzung können blockförmige Schichtsiliziumstahlbleche verwendet werden, oder die blockförmigen Schichtsiliziumstahlbleche und die blockförmigen Weichferrite können anstatt des

blockförmigen Weichferrits **43** in dem Mittelabschnitt laminiert und angeordnet werden.

**[0032]** Es ist möglich, den Wirbelstrom und den Remanenzmagnetismus durch die Verwendung eines Polstückes wirksam zu verringern, bei dem das Weichferrit oder das Siliziumstahlblech angeordnet sind, wobei jedoch eine weitere Verbesserung bei der MRI verlangt wurde, wobei hierfür zum Beispiel das FSE-Verfahren(Fast Spin Echo)-Verfahren verwendet wird, wie zuvor erklärt.

**[0033]** Das heißt, dass die Nachfrage nach der Verbesserung der Bildklarheit und Verkürzung der Bildaufnahmezeitdauer immer mehr stieg, bei welcher ein auf die ansteigenden Magnetfeldspulen angewandter Impulsstrom dazu neigt, sich zu erhöhen, und die durch den Impulsstrom erhöhte Magnetfeldstärke dazu neigt, sich weiter zu erhöhen.

**[0034]** Obwohl Weichferrit, welches einen hohen elektrischen Widerstand aufweist, bei der Verringerung der Erzeugung von Wirbelstrom wirksam ist, neigt es dazu, die magnetische Sättigung auf Grund eines Multiplikatoreffektes des Magnetfeldes durch die Magnetfelderzeugungsquelle und des Magnetfeldes durch die ansteigenden Magnetfeldspulen zu verursachen.

**[0035]** Deshalb erhöht sich auch bei dem Polstück, bei dem das Weichferrit in Richtung der dem Raum gegenüberliegenden Fläche angeordnet ist, die magnetische Flussdichte in dem Weichferrit gemeinsam mit der Erhöhung der Magnetfeldstärke durch die ansteigenden Magnetfeldspulen, so dass eine teilweise oder vollständige magnetische Sättigung verursacht wird und ein Teil der magnetischen Flüsse in die Magnetwerkstoffbasis oder das Schichtsiliziumstahlblech streut, die mit dem magnetisch gesättigten Abschnitt des Weichferrits in Kontakt stehen.

**[0036]** Dementsprechend verursachen die gestreuten Magnetflüsse den Wirbelstrom und den Remanenzmagnetismus in der Magnetwerkstoffbasis oder dem Schichtsiliziumstahlblech.

**[0037]** Zur Verringerung der Wirkung des Magnetfeldes durch die ansteigenden Magnetfeldspulen auf die Magnetwerkstoffbasis oder auf die Schichtsiliziumstahlbleche kann eine Erhöhung der Dicke des Weichferrits in Betracht gezogen werden. Dies ist jedoch nicht wirtschaftlich, da sich die Kosten für das Weichferrit erhöhen, und sich mit der Dicke des Weichferrits unvermeidbarerweise die Gesamtdicke des Polstückes erhöht, was eine Erhöhung bei der Magnetflussstreuung von der Außenumfangsfläche des Polstückes zum Ergebnis hat, so dass die Maße der Vorrichtung vergrößert werden.

**[0038]** Die Schichtsiliziumstahlbleche weisen im Vergleich zu dem Weichferrit eine höhere magnetische Flussdichte (Bs) auf, und besitzen den Vorteil der Verringerung der Erzeugung von Wirbelstrom und erreichen leicht die Steigerung der Einheitlichkeit des Magnetfeldes in dem Raum. Da jedoch die Koerzitivkraft des Siliziumstahls im Vergleich zu derjenigen des Weichferrits etwas größer ist, ist es schwierig, die Erzeugung von Remanenzmagnetismus vollständig zu verhindern, so dass ein Remanenzmagnetismus in einer Größenordnung von $10^{-7}$ T verursacht wird, wodurch die Einheitlichkeit des Magnetfeldes insbesondere in dem Raum in einem Polstück, bei dem die Schichtsiliziumstahlbleche auf der dem Raum gegenüberliegenden Fläche angeordnet sind, obgleich wenig, gestört wird.

## AUFGABE UND ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0039]** Die vorliegende Erfindung wurde angesichts der vorangegangenen Situationen des für die MRI-Magnetfelderzeugungsvorrichtung verwendeten Polstückes vorgeschlagen, wobei eine Aufgabe derselben in der Bereitstellung einer MRI-Magnetfelderzeugungsvorrichtung besteht, bei der ein Polstück so angeordnet ist, dass es eine Hochgeschwindigkeitsbildaufnahme klarer Bilder bei hoher Empfindlichkeit ermöglicht, indem der Wirbelstrom und der durch die ansteigenden Magnetfeldspulen in den Polstücken erzeugte Remanenzmagnetismus verringert werden, ohne die Einheitlichkeit des Magnetfeldes in dem Raum zu verschlechtern, um eine stabile Erzeugung und Beseitigung des ansteigenden Magnetfeldes in einem Raum des Magnetkreises zu realisieren, zum Beispiel bei dem FSE-Verfahren, welches für die Hochgeschwindigkeitsbildaufnahme erforderlich ist, die für die Anwendung von MRI unverzichtbar ist.

**[0040]** Die aktuellen Erfinder haben verschiedene Studien über die MRG-Magnetfelderzeugungsvorrichtung zur Lösung der vorangegangenen Aufgabe durchgeführt und als Ergebnis herausgefunden, dass der durch die ansteigenden Magnetfeldspulen erzeugte Wirbelstrom und der Remanenzmagnetismus ohne Verschlechterung der Magnetfeldstärke und der Einheitlichkeit des Magnetfeldes verringert werden können, wodurch eine Hochgeschwindkeitsbildaufnahme möglich wird, indem sie aus einem Paar von Polstücken bestehen, die ein-

ander an einem Raum in Form einer Schichtkonstruktion gegenüberliegen, wobei Weichferrit oder Schichtsiliziumstahlbleche und Weichferrit auf einer Magnetwerkstoffbasis angeordnet werden und eine Schicht mit niedriger magnetischer Leitfähigkeit und hohem elektrischem Widerstand zwischen dem Weichferrit und den Schichtsiliziumstahlblechen angeordnet wird, und haben die vorliegende Erfindung fertiggestellt.

**[0041]** Mit anderen Worten ausgedrückt haben die aktuellen Erfinder und andere, mehrere Studien zur Durchführung einer stabilen Erzeugung und Beseitigung von ansteigenden Magnetfeldern zum Beispiel durch ein FSE-(Fast Spin Echo)-Verfahren oder dergleichen durchgeführt, welches für eine Hochgeschwindigkeitsbildaufnahme in einem Raum eine s Magnetkreises einer MRI-Magnetfelderzeugungsvorrichtung erforderlich ist, und haben bemerkt, dass nahezu gesättigte Abschnitte teilweise in dem Polstück einer Schichtkonstruktion vorhanden sind, bei der Weichferrit auf einer Magnetwerkstoffbasis angeordnet ist, was sie als Ergebnis der Untersuchung des Magnetkreises mittels eines Diagramms mit gleicher magnetischer Flussdichte herausfanden. Auf der Grundlage der Annahme, dass wenn ein ansteigendes Magnetfeld in dem oben erwähnten Zustand gegeben ist, durch das Weichferrit hindurchgehende Impulsmagnetflüsse den magnetisch gesättigten Abschnitt nicht passieren können, sondern streuen, wie wenn sie sich um die Magnetwerkstoffbasis herumbewegen, so dass sie in solchen Abschnitten einen Wirbelstrom und Remanenzmagnetismus erzeugen, führten die Erfinder dann mehrere Studien in Bezug auf Einrichtungen durch, die in der Lage sind, solche unvorteilhaften Mechanismen zu beseitigen und fanden heraus, dass der Wirbelstrom und der Remanenzmagnetismus selbst unter der Wirkung des ansteigenden Magnetfeldes kaum erzeugt werden, wenn eine Kunstharzschicht oder dergleichen mit niedriger magnetischer Leitfähigkeit und hohem elektrischen Widerstand zwischen der Magnetwerkstoffbasis und dem Weichferrit positioniert wird. Es wird berücksichtigt, dass die Kunstharzschicht einen Magnetspalt ausbildet, der bei der gewöhnlichen Konstruktion für den Magnetkreis vermieden werden sollte, wobei diese jedoch die magnetisch gesättigten Bereiche beseitigen kann, um einen sanften Durchgang der Impulsmagnetflüsse durch den Magnetkreis hindurch zu ermöglichen, wobei die Erfinder herausfanden, dass eine ähnliche Wirkung auch durch die Positionierung der Kunstharzschicht zwischen den Schichtsiliziumstahlblechen und dem Weichferrit bei der Zusammensetzung mit dem Polstück erhalten werden kann, bei der die Schichtsiliziumstahlbleche und das Weichferrit auf der Magnetwerkstoffbasis angeordnet sind, und haben die vorliegende Erfindung fertiggestellt.

**[0042]** Daher stellt die vorliegende Erfindung eine MRI bereit, wie sie in den unabhängigen Ansprüchen 1 und 2 dargestellt ist.

**[0043]** Die vorliegende Erfindung stellt weiterhin eine MRI-Magnetfelderzeugungsvorrichtung mit einem Paar von Polstücken bereit, die in einem Raum einander gegenüberliegend angeordnet sind und ein Magnetfeld in dem Raum erzeugen, wobei das Polstück eine Schichtkonstruktion aufweist, bei der Weichferrit, Schichtsiliziumstahlbleche und eine Magnetwerkstoffbasis von der Seite des Raumes her angeordnet werden, und eine Schicht mit niedriger magnetischer Leitfähigkeit und hohem elektrischen Widerstand zwischen dem Weichferrit und den Schichtsiliziumstahlblechen positioniert wird.

**[0044]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht die Schicht mit niedriger magnetischer Leitfähigkeit und hohem elektrischem Widerstand vorzugsweise aus einer Kunstharzschicht.

**[0045]** Bei einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Magnetwerkstoffbasis scheibenförmig, und ein ringförmiger Vorsprung mit einem aus magnetischem Werkstoff bestehenden Ring mit einem oder mehreren Querschlitzen ist auf der dem Raum gegenüberliegenden Fläche des Polstückes angeordnet, wodurch die Einheitlichkeit des Magnetfeldes weiter verbessert wird.

**[0046]** Bei einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die Magnetmaterialbasis die Form einer rechteckigen Platte auf, wobei jeweils die Form einer aus einem magnetischem Werkstoff hergestellten rechteckigen Stange aufweisende Vorsprünge an beiden Axialenden auf der dem Raum gegenüberliegenden Fläche des Polstückes angeordnet sind, wodurch die Einheitlichkeit des Magnetfeldes weiter verbessert wird.

**[0047]** Die MRI-Magnetfelderzeugungsvorrichtung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung kann ohne Begrenzung auf die später beschriebenen Ausführungsformen mit jeder Zusammensetzung verwendet werden, solange ein Paar von an einem Raum einander gegenüberliegenden Polstücken zur Erzeugung eines Magnetfeldes in dem Raum vorgesehen ist.

**[0048]** Das heißt, dass der Magnetbestandteil als die Magnetfelderzeugungsquelle nicht auf den Dauermagneten begrenzt ist, sondern dass auch elektromagnetische Spulen (einschließlich normaler Leitspulen und Su-

praleitspulen), die um einen Kern herumgewickelt sind, verwendet werden können, wobei die Polstücke nicht notwendigerweise dem Magnetbestandteil direkt gegenüberliegend angeordnet sind. Weiterhin kann das Joch zur Ausbildung eines Magnetkreises, der den Magnetbestandteil und das Paar von Polstücken zur Erzeugung des Magnetfeldes in dem Raum magnetisch miteinander verbindet, eine optionale Form und Größe aufweisen, die in Abhängigkeit von erforderlichen Merkmalen sie zum Beispiel der Größe des Raumes, der Magnetfeldstärke und Einheitlichkeit des Magnetfeldes passend ausgewählt werden.

**[0049]** Im Falle der Verwendung des Dauermagneten als Magnetbestandteil für die Magnetfelderzeugungsquelle können bekannte Magnete wie zum Beispiel der Ferritmagnet und der Seltenerd-Kobaltsystemmagnet verwendet werden. Die Größe des Dauermagneten kann insbesondere unter Verwendung eines Fe-B-R-Dauermagneten verringert werden, wobei R ein hilfsreiches leichtes Seltenerdmetall ist, welches hauptsächlich Nd oder Pr aufweist, wobei B und Fe Hauptinhaltsstoffe sind und ein extrem hohes Energieprodukt von größer als 30 MGOe an den Tag legen.

**[0050]** Zusätzlich kann durch die kombinierte Anordnung solcher bekannter Dauermagnete eine Magnetfelderzeugungsvorrichtung mit hervorragender wirtschaftlicher Leistung ohne bemerkenswertes Hindernis für die Verkleinerung der Vorrichtung bereitgestellt werden.

**[0051]** Bei der vorliegenden Erfindung kann als die die Polstücke darstellende Magnetwerkstoffbasis bekannter Werkstoff wie zum Beispiel Weicheisen und Reineisen für die Polstücke verwendet werden. Die Magnetwerkstoffbasis kann eine einheitliche Magnetfeldstärke bereitstellen, die mechanische Festigkeit des gesamten Polstückes sicherstellen und den Betriebswirkungsgrad nach der Montage der Magnetfelderzeugungsvorrichtung steigern.

**[0052]** Bei der vorliegenden Erfindung können verschiedene Weichferrite wie zum Beispiel Mn-Zn-Ferrit und Ni-Zn-Ferrit für das das Polstück darstellende Weichferrit verwendet werden, wobei es wünschenswert ist, dass das Weichferrit einen hohen elektrischen Widerstand aufweist, um die Verringerung des Wirbelstromes zu erzielen, wobei es vorteilhaft ist, einen Werkstoff auszuwählen, der einen spezifischen Widerstand ρ von größer als $10^{-5}$ Ω·m, vorteilhafter größer als $10^{-3}$ Ω·m, noch vorteilhafter größer als $10^{-2}$ Ω·m, und am vorteilhaftesten von größer als $10^{-1}$ Ω·m aufweist. Weiterhin ist es zum Führen erzeugter magnetischer Flüsse von dem Magnetbestandteil in den Raum wünschenswert, dass die magnetische Leitfähigkeit hoch ist, wobei vorzugsweise ein Werkstoff ausgewählt wird, der eine maximale magnetische Leitfähigkeit (nachfolgend als Durchlässigkeit μ bezeichnet) von größer als 1000, und noch vorteilhafter von größer als 5000 aufweist.

**[0053]** Weiterhin ist es zur Verhinderung des Remanenzmagnetismus wünschenswert, dass die Koerzitivkraft klein ist, wobei es zum Beispiel vorteilhaft ist, einen Werkstoff auszuwählen, der eine Koerzitivkraft Hc von weniger als 20 A/m, noch vorteilhafter von weniger als 10 A/m aufweist.

**[0054]** Weiterhin ist es zur Verringerung der magnetischen Sättigung auf Grund der synergistischen Wirkung des Magnetfeldes durch den Magnetbestandteil und des Magnetfeldes durch die ansteigenden Magnetfeldspulen wünschenswert, dass der Werkstoff eine hochgesättigte magnetische Flussdichte Bs aufweist, wobei der Werkstoff vorzugsweise eine gesättigte magnetische Flussdichte Bs von größer als 0,4 T, und noch vorteilhafter von größer als 0,5 T aufweist.

**[0055]** Als die verschiedenen Bedingungen erfüllendes Weichferrit ist das Mn-Zn-Weichferrit am wünschenswertesten.

**[0056]** Wenn das aus dem oben erwähnten Werkstoff hergestellte Weichferrit als Polstück angeordnet wird, kann ein Block, welcher durch ein bekanntes Pressformverfahren erhalten, und in eine erforderliche Form bearbeitet wurde, oder kleine Blöcke, die jeweils in einer zuvor festgelegten Größe hergestellt, und mittels eines Klebstoffes wie zum Beispiel einem Epoxyharz in einer zuvor festgelegten Form montiert wurden, verwendet, und leicht an eine zuvor festgelegte Position mit einem guten Betriebswirkungsgrad gelegt werden.

**[0057]** Bei der vorliegenden Erfindung ist die Schichtungsrichtung der Schichtsiliziumstahlbleche nicht nur auf die Richtung in den Ausführungsformen begrenzt, wobei die Schichtung des Polstückes in der entgegengesetzten Richtung (dem Spalt gegenüberliegende Richtung) die Montage der blockförmigen Schichtsiliziumstahlbleche erleichtern kann, was auch im Hinblick auf die mechanische Festigkeit oder dergleichen wünschenswert ist.

**[0058]** Weiterhin ist bei der Verwendung eines ausgerichteten Siliziumstahlbleches zum Beispiel (JIS C2553),

Japanische Industrie-Normen, die Schichtung wie unter Bezugnahme auf **Fig.** 12 beschrieben vorteilhaft. Bei der Verwendung eines nicht ausgerichteten Siliziumstahlbleches (zum Beispiel JIS C2552), Japanische Industrie-Normen, ist die Schichtungszusammensetzung wie unter Bezugnahme auf **Fig.** 13 beschrieben vorteilhaft. Insbesondere bei der Verwendung des nicht ausgerichteten Siliziumstahlbleches kann eine bemerkenswerte Wirkung in Bezug auf die Verringerung des Remanenzmagnetismus bereitgestellt werden.

**[0059]** Auch bei dem Siliziumstahlblech ist es notwendig, einen bevorzugten Werkstoff unter verschiedenen Werkstoffen auszuwählen, um die Aufgabe der vorliegenden Erfindung zu lösen, wie bei dem oben beschriebenen Weichferrit. Für die Durchlässigkeit μ ist es insbesondere wünschenswert, einen Werkstoff mit einer Durchlässigkeit μ auszuwählen, die nicht geringer als die Durchlässigkeit **11** des Weichferrits ist. Sie ist wünschenswerterweise möglichst hoch, und mindestens größer als 4000 und vorzugsweise größer als 10.000. Weiterhin ist es auch wünschenswert, dass die gesättigte magnetische Flussdichte Bs möglichst hoch ist, wobei es wünschenswert ist, einen Werkstoff auszuwählen, der eine gesättigte magnetische Flussdichte Bs von größer als 1,5 T aufweist. Weiterhin ist im Hinblick auf die Verringerung des Remanenzmagnetismus die Koerzitivkraft Hc wünschenswerterweise möglichst klein, und bei Verwendung eines nicht ausgerichteten Siliziumstahlbleches ist es wünschenswert, einen Werkstoff mit einer Koerzitivkraft von weniger als 50 A/m auszuwählen. Im Hinblick auf die Verringerung des Wirbelstromes ist der elektrische Widerstand wünschenswerterweise möglichst hoch, wobei es vorteilhaft ist, einen Werkstoff auszuwählen, der einen spezifischen Widerstand ρ von größer als $30 \times 10^{-8}$ Ω·m, und vorzugsweise von größer als $40 \times 10^{-8}$ Ω·m aufweist.

**[0060]** Das Siliziumstahlblech kann eine optionale Dicke aufweisen.

**[0061]** Da leicht erhältliches Siliziumstahlblech im Allgemeinen eine Dicke aufweist, die nur etwa 0,35 mm beträgt und es schwierig zu handhaben ist, kann eine Mehrzahl von Siliziumstahlblechen, die zuvor in eine rechteckige Form mit einer zuvor festgelegten Größe geschnitten wurden, in einer zuvor festgelegten Richtung geschichtet, und in eine Blockform integriert werden, wodurch sie leicht an eine zuvor festgelegte Position mit einem guten Betriebswirkungsgrad gelegt werden können.

**[0062]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung kann durch die kombinierte Verwendung des Schichtsiliziumstahlbleches mit dem Weichferrit wirksam gelöst werden.

**[0063]** Es hat sich nämlich durch die von den aktuellen Erfindern durchgeführten Versuche bestätigt, dass das Weichferrit eine größere Wirkung bei der Verringerung des Remanenzmagnetismus als das Schichtsiliziumstahlblech aufweist, wobei es jedoch ein Problem im Hinblick auf die Symmetrie der Magnetfeldwellenformen aufweist, und, dass das Schichtsiliziumstahlblech die Symmetrie der Magnetfeldwellenform im Vergleich zu dem Weichferrit steigert, jedoch ein Problem im Hinblick auf den Remanenzmagnetismus (siehe **Fig.** 10(B)) aufweist.

**[0064]** Dementsprechend können durch die Optimierung der Schichtungsmenge (Größe) des Weichferrits und der Schichtsiliziumstahlbleche jeweils Vorteile derselben wirksam genutzt werden. Es kann insbesondere deshalb ein großer wirtschaftlicher Vorteil erzielt werden, weil das Schichtsiliziumstahlblech im Vergleich zu dem Weichferrit preiswerter ist.

**[0065]** Eine Schicht mit geringer Durchlässigkeit und hohen elektrischem Widerstand als Hauptmerkmal der vorliegenden Erfindung muss zwischen dem Weichferrit und der Magnetwerkstoffbasis dann ausgebildet werden, wenn ein Polstück mit einer Schichtung aus Weichferrit und der Magnetwerkstoffbasis verwendet wird, oder sie muss zwischen dem Weichferrit und den Schichtsiliziumstahlblechen dann ausgebildet werden, wenn ein Polstück mit einer Schichtung aus Weichferrit, Schichtsiliziumstahlblechen und der Magnetwerkstoffbasis verwendet wird.

**[0066]** Das heißt, dass die auf dem Polstück ausgebildete Schicht mit niedriger magnetischer Leitfähigkeit und hohem elektrischen Widerstand die magnetische Sättigung in dem Weichferrit verhindern kann, die durch das Magnetfeld von der Magnetfelderzeugungsquelle wie zum Beispiel von einem Dauermagnetbestandteil verursacht wurde, selbst unter der Wirkung des Magnetfeldes durch die ansteigenden Magnetfeldspulen keine teilweise oder vollständige magnetische Sättigung in dem Weichferrit zum Ergebnis hat, die Streuung magnetischer Flüsse von dem Weichferrit zu der Magnetwerkstoffbasis oder den Schichtsiliziumstahlblechen verringern kann, und als Ergebnis die Verringerung der Erzeugung des Wirbelstromes und des Remanenzmagnetismus in der Magnetwerkstoffbasis oder den Schichtsiliziumstahlblechen ermöglicht, die durch das Magnetfeld von den ansteigenden Magnetfeldspulen verursacht werden.

**[0067]** Wie aus dem Vorangegangenen ersichtlich, ist es zum Verhindern der magnetischen Sättigung in dem Weichferrit durch das Magnetfeld von der Magnetfelderzeugungsquelle durch die Anordnung einer Schicht zwischen dem Weichferrit und der Magnetwerkstoffbasis oder einer zwischen dem Weichferrit und dem Schichtsiliziumstahlblech ausgebildeten Schicht notwendig, dass die Schicht eine niedrige magnetische Leitfähigkeit, d. h. einen hohen magnetischen Widerstand aufweist, wobei die Verwendung verschiedener nicht magnetischer Werkstoffe in Betracht gezogen werden kann. Wenn die Schicht jedoch aus einem Werkstoff mit niedrigem elektrischem Widerstand (hohe elektrische Leitfähigkeit) wie zum Beispiel Kupfer oder Aluminium hergestellt wird, erzeugt die Schicht selbst den Wirbelstrom, weshalb ein Werkstoff mit hohem elektrischem Widerstand ausgewählt werden muss.

**[0068]** Entsprechend dem Versuch der aktuellen Erfinder ist es gewöhnlich wünschenswert, einen industriell verfügbaren Werkstoff mit einer magnetischen Leitfähigkeit von etwa 1, und einen Werkstoff mit einem spezifischen Widerstand ρ auszuwählen, der im Verhältnis zu dem elektrischen Widerstand gleich oder größer als der spezifische Widerstand des Weichferrits ist, aus dem das Polstück besteht (zum Beispiel größer als 0,2 Ω·m), und zwar in Bezug auf den elektrischen Widerstand. Dann ist auch im Hinblick auf die Handhabung die Verwendung von Kunstharz wie zum Beispiel Vinylchlorid, Polyethylen, Epoxyharz und Phenolharz (Bakelit) wünschenswert.

**[0069]** Weiterhin kann eine ähnliche Wirkung zum Beispiel auch mit einer Zusammensetzung erzielt werden, bei der ein kleiner Vorsprung, der aus Kunstharz besteht, an jedem der blockförmigen Weichferrite auf der Seite der Magnetwerkstoffbasis oder auf der Seite der Schichtsiliziumstahlbleche angeordnet wird, wodurch eine wesentliche Luftschicht zwischen dem Weichferrit und der Magnetwerkstoffbasis oder den Schichtsiliziumstahlblechen ausgebildet wird.

**[0070]** Zusätzlich kann auch Keramik wie zum Beispiel Aluminiumoxid oder Siliziumnitrid, Hartholz wie zum Beispiel Sperrholz, und Faserplatten wie zum Beispiel MDF(medium density fiberboard/mitteldichte Faserplatten) verwendet werden.

**[0071]** Die oben beschriebene Schicht mit niedriger magnetischer Leitfähigkeit und hohem elektrischem Widerstand ist wesentlich, um den Zweck der vorliegenden Erfindung zu erreichen, wobei jedoch dann, wenn die Dicke der Schicht übermäßig groß ist, diese den magnetischen Widerstand übermäßig erhöht, was einen erhöhten Verlust der Magnetbewegungskraft der Magnetfelderzeugungsquelle zum Ergebnis hat, wodurch sich die Magnetfeldstärke in dem Raum verringert. Das heißt, dass die magnetische Wirksamkeit des Magnetkreises verschlechtert wird.

**[0072]** Andererseits wird die beabsichtigte Wirkung der Schicht nicht erzielt, wenn die Dicke der Schicht unnötigerweise verringert wird. Dann wird die Dicke der Schicht wünschenswerterweise unter Berücksichtigung der Form, Größe und des Werkstoffes für jeden der Komponenten, aus denen das Polstück besteht, der magnetischen Eigenschaft der Magnetfelderzeugungsquelle, der Eigenschaft der ansteigenden Magnetfeldspulen, der Magnetfeldstärke in dem Raum usw. ausgewählt. So wird zum Beispiel die Dicke bei einem im Allgemeinen bis jetzt verwendeten scheibenförmigen Polstück mit einem Außendurchmesser von etwa 1 m–1,5 m und bei einem rechteckigen plattenförmigen Polstück mit etwa 0,4 m–1 m Breite × 1 m–1,5 m Länge wünschenswerterweise innerhalb eines Bereiches von 0,5 mm bis 5 mm festgelegt.

**[0073]** Bei der vorliegenden Erfindung kann die mechanische Festigkeit des Polstückes sichergestellt werden, und die Wirkungen der Vereinheitlichung der Magnetfeldstärke und der Verhinderung von Wirbelstrom können durch die Optimierung der Dicke der Schicht mit niedriger magnetischer Leitfähigkeit und elektrischem Widerstand, sowie durch die Optimierung des Dickenverhältnisses für jeden der Komponenten maximiert werden, aus denen das Polstück besteht.

**[0074]** So ist es zum Beispiel bei einer Zusammensetzung, die das Weichferrit, die Schicht mit kleiner magnetischer Leitfähigkeit und hohem elektrischem Widerstand aufweist, wünschenswert, dass das Dickenverhältnis (Verhältnis der Maximaldicke für jeden der Komponenten) innerhalb eines Bereiches von 5–50 : 0,5–5 : 10–50 liegt. Bei einer Zusammensetzung, die das Weichferrit, die Schicht mit kleiner magnetischer Leitfähigkeit und hohem elektrischem Widerstand, die Schichtsiliziumstahlbleche und die Magnetwerkstoffbasis aufweist, ist es wünschenswert, dass das Dickenverhältnis für jeden derselben innerhalb eines Bereiches von 3–15 : 0,5–5 : 2–35 : 10–50 ausgewählt wird.

**[0075]** Weiterhin ist bei der vorliegenden Erfindung zur Steigerung der Einheitlichkeit des Magnetfeldes in dem Raum das Weichferrit oder die Schichtkonstruktion der Schichtsiliziumstahlbleche und des Weichferrits

nur auf einem Mittelabschnitt der dem Raum gegenüberliegenden Fläche der scheibenförmigen Magnetwerkstoffbasis oder der die Form einer rechteckigen Platte aufweisenden Magnetwerkstoffbasis ausgebildet, und ein Vorsprung, der einen aus magnetischem Werkstoff bestehenden Ring oder eine aus magnetischem Werkstoff bestehende Stange umfasst, die zum Beispiel aus elektromagnetischem Weicheisen oder Reineisen hergestellt ist, ist auf der Umfangskante der scheibenförmigen Magnetwerkstoffbasis oder auf den beiden Axialenden der rechteckigen plattenförmigen Magnetwerkstoffbasis ausgebildet.

**[0076]** Der aus magnetischem Werkstoff bestehende Ring oder die aus magnetischem Werkstoff bestehende Stange ist wünschenswerterweise elektrisch von der Magnetwerkstoffbasis mit dem Ziel der Verringerung der Wirkung von Wirbelstrom isoliert. Der aus magnetischem Werkstoff bestehende Ring ist insbesondere wünschenswerterweise durch die Anordnung von zwei oder mehr Schlitzen in Umfangsrichtung unterteilt.

## KURZE ERKLÄRUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0077]** **Fig.** 1(A) und 1(B) ist eine Draufsicht und eine vertikale Querschnittsansicht einer Ausführungsform eines Polstückes in einer Magnetfelderzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung;

**[0078]** **Fig.** 2 ist eine bruchstückhafte vergrößerte, vertikale Querschnittsansicht des in **Fig.** 1(B) dargestellten Polstückes;

**[0079]** **Fig.** 3 ist eine bruchstückhafte vergrößerte, vertikale Querschnittsansicht, die eine weitere Zusammensetzung des Polstückes gemäß der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

**[0080]** **Fig.** 4 ist ein Diagramm mit gleicher magnetischer Flussdichte für ein Polstück in der Magnetfelderzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung;

**[0081]** **Fig.** 5 ist ein Diagramm mit gleicher magnetischer Flussdichte für ein Polstück in der Magnetfelderzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung;

**[0082]** **Fig.** 6(A) und (B) ist eine vertikale Querschnittsansicht und eine Querschnittsansicht einer vorhandenen Magnetfelderzeugungsvorrichtung;

**[0083]** **Fig.** 7 ist eine vertikale Querschnittsansicht einer vorhandenen Magnetfelderzeugungsvorrichtung;

**[0084]** **Fig.** 8 ist eine erklärende perspektivische Ansicht einer vorhandenen Magnetfelderzeugungsvorrichtung;

**[0085]** **Fig.** 9 ist eine perspektivische Ansicht einer vorhandenen Magnetfelderzeugungsvorrichtung;

**[0086]** **Fig.** 10(A), (B) und (C) sind Schaubilder, die eine Beziehung zwischen Zeit und Magnetfeldstärke veranschaulichen, die eine durch ansteigende Magnetfeldspulen erzeugte Magnetfeldwellenform ausdrücken;

**[0087]** **Fig.** 11(A) und 11(B) ist eine Draufsicht und eine vertikale Querschnittsansicht einer Ausführungsform eines Polstückes in einer vorhandenen Magnetfelderzeugungsvorrichtung;

**[0088]** **Fig.** 12 ist eine erklärende perspektivische Ansicht, die eine Ausführungsform blockförmiger Schichtsiliziumstahlbleche veranschaulicht;

**[0089]** **Fig.** 13 ist eine erklärende perspektivische Ansicht, die eine weitere Ausführungsform blockförmiger Schichtsiliziumstahlbleche veranschaulicht;

**[0090]** **Fig.** 14 ist eine vertikale Querschnittsansicht, die eine Zusammensetzung eines in einer in **Fig.** 6 dargestellten Magnetfelderzeugungsvorrichtung verwendeten Polstückes veranschaulicht; und

**[0091]** **Fig.** 15 ist eine vertikale Querschnittsansicht, die eine Zusammensetzung eines in einer in **Fig.** 9 dargestellten Magnetfelderzeugungsvorrichtung verwendeten Polstückes veranschaulicht.

## BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0092]** **Fig.** 1(A) und 1(B) ist eine Draufsicht und eine vertikale Querschnittsansicht einer Ausführungsform

eines Polstückes in einer Magnetfelderzeugungsvorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Polstückes in einer Magnetfelderzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung, und **Fig.** 2 ist eine bruchstückhafte vergrößerte, vertikale Querschnittsansicht eines Abschnittes in **Fig.** 1.

**[0093]** **Fig.** 3 ist eine bruchstückhafte vergrößerte, vertikale Querschnittsansicht, die eine weitere Ausführungsform eines Polstückes in einer Magnetfelderzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

**[0094]** Ein in **Fig.** 1 und 2 dargestelltes Polstück **50** weist eine scheibenförmige Magnetwerkstoffbasis **51** aus Reineisen auf, auf deren Oberfläche eine Vielzahl blockförmiger Weichferrite **53** mittels einer dünnen Bakelitplatte **57** gelegt ist, die als eine Schicht mit niedriger magnetischer Leitfähigkeit und hohem elektrischem Widerstand angeordnet ist. Das blockförmige Weichferrit **53** ist normalerweise mittels eines synthetischen Epoxyharzklebstoffes auf der dünnen Bakelitplatte **57** befestigt.

**[0095]** In der Figur stellen ein aus Reineisen bestehender Ring **52** und ein aus Weicheisen bestehender Kern **54** ein Substrat zur Montage von ansteigenden Magnetfeldspulen dar.

**[0096]** Ein durch die Einstellung der Dicke des blockförmigen Weichferrits **53** ausgebildeter konvexer Vorsprung **55** ist in einem Mittelabschnitt des Polstückes **50** ausgebildet, wodurch die Einheitlichkeit der Magnetfeldstärke in dem Raum durch den Multiplikatoreffekt mit dem Ring **52** weiter gesteigert werden kann.

**[0097]** Ein in **Fig.** 3 dargestelltes Polstück **60** weist eine durch das Legen einer Vielzahl blockförmiger Schichtsiliziumstahlbleche **66** ausgebildete Schicht auf, die durch die Verwendung nicht ausgerichteter Siliziumstahlbleche auf der oberen Fläche einer aus Reineisen bestehenden scheibenförmigen Magnetwerkstoffbasis **61** (siehe **Fig.** 11) und weiterhin durch Legen einer Vielzahl blockförmiger Weichferrite **63** mittels einer Schicht, die eine dünne Bakelitplatte **67** mit einer niedrigen magnetischen Leitfähigkeit und einem hohen elektrischen Widerstand umfasst, laminiert wird.

**[0098]** Das blockförmige Schichtsiliziumstahlblech **66** und die blockförmigen Weichferrite **63** werden ebenso durch die Verwendung eines synthetischen Epoxyharzklebstoffes auf dieselbe Weise wie bei der oben beschriebenen Zusammensetzung befestigt.

**[0099]** In der Figur ist ein aus Reineisen bestehender Ring **62** und ein durch die Einstellung der Dicke der blockförmigen Schichtsiliziumstahlbleche **66** und des blockförmigen Weichferrits **63** ausgebildeter konvexer Vorsprung **65** ausgebildet.

**[0100]** Auch bei einem Polstück, bei dem eine Magnetwerkstoffbasis **41** in Form einer in **Fig.** 15 dargestellten rechteckigen Platte verwendet wird, besteht eine ähnliche Wirkung darin, dass das Polstück, welches eine Zusammensetzung aufweist, bei der die scheibenförmige Magnetwerkstoffbasis verwendet wird, durch die Positionierung einer aus einer dünnen Bakelitplatte mit einer niedrigen magnetischen Leitfähigkeit und hohem elektrischem Widerstand zwischen dem blockförmigen Weichferrit **43** und der Magnetwerkstoffbasis **41** oder zwischen dem blockförmigen Weichferrit und den Schichtsiliziumstahlblechen (nicht dargestellt) erhalten werden kann.

**[0101]** Wenn das die vorangegangene Zusammensetzung gemäß der vorliegenden Erfindung aufweisende Polstück für die MRI-Magnetfelderzeugungsvorrichtung verwendet wird, kann die an einer zuvor festgelegten Position ausgebildete Schicht mit niedriger magnetischer Leitfähigkeit und hohem elektrischem Widerstand die magnetische Sättigung in dem Weichferrit durch das Magnetfeld von der Magnetfelderzeugungsquelle wie zum Beispiel einem Dauermagnetbestandteil verhindern, was selbst unter der Wirkung des Magnetfeldes durch die ansteigenden Magnetfeldspulen keine teilweise oder vollständige magnetische Sättigung in dem Weichferrit zum Ergebnis hat, und die Streuung magnetischer Flüsse von dem Weichferrit zu der Magnetwerkstoffbasis oder den Schichtsiliziumstahlblechen verringert. Als Ergebnis kann dadurch die Erzeugung des Wirbelstromes und des Remanenzmagnetismus in der Magnetwerkstoffbasis oder den Schichtsiliziumstahlblechen verringert werden, die durch die ansteigenden Magnetfeldspulen verursacht werden, wodurch die Durchführung einer stabilen Erzeugung und Beseitigung von ansteigenden Magnetfeldern durch das FSE-(Fast Spin Echo)-Verfahren oder dergleichen ermöglicht wird, welches für eine Hochgeschwindigkeitsbildaufnahme gemäß Impulsfolge in dem Raum des Magnetkreises erforderlich ist.

**[0102]** Wie an Hand der bevorzugten Ausführungsformen ersichtlich, legt die durch die ansteigenden Magnetfeldspulen erzeugte Magnetfeldwellenform kaum durch den Remanenzmagnetismus verursachte Magnet-

feldstörungen an den Tag, wie in **Fig.** 10 dargestellt, und die Erzeugung von Wirbelstrom wird ebenfalls bedeutend verringert, so dass die Magnetfeldwellenform im Wesentlichen dieselbe Form wie die ideale rechteckige Welle in **Fig.** 10(A) ist. Das heißt, dass klare Bilder mittels Hochgeschwindigkeitsbildaufnahme erhalten werden können.

## BEVORZUGTE AUSFÜHRUNGSFORM

### Beispiel 1

**[0103]** Bei einer Magnetfelderzeugungsvorrichtung, die dieselbe Zusammensetzung wie diejenige in **Fig.** 6 aufweist, wurde ein Nd-Fe-B-System-Dauermagnet verwendet, der eine Größe von 1300 mm Außendurchmesser × 190 mm Innendurchmesser × 150 mm Dicke, und einen (BH)max von 318,4 kJ/$m^3$ aufwies, und ein Polstück **50** wurde daran befestigt. Das Polstück **50** wies eine Zusammensetzung auf, die dadurch gebildet wurde, dass ein ringförmiger Vorsprung **52** aus Schmiedeeisen mit einer Größe von 1200 mm Außendurchmesser × 1000 mm Innendurchmesser × 70 mm Dicke am Umfang einer Magnetwerkstoffbasis **51** aus Reineisen mit einer Größe von 1200 mm Außendurchmesser × 40 mm Dicke angeordnet wurde, und eine Weichferritschicht mit einer Größe von 1000 mm Außendurchmesser × 25 mm Dicke (Mittelabschnitt), die aus einem blockförmigen Weichferrit **53** zusammengesetzt war, in eine scheibenähnliche Form laminiert wurde, die einen konvexen Vorsprung **55** aufweist, und zwar mittels einer dünnen Bakelitplatte **57** mit einer Größe von 1000 mm Außendurchmesser × 1 mm Dicke.

**[0104]** Bei dem Weichferrit handelte es sich um ein Mn-Zn-Ferrit, welches folgende Werte aufwies: Hc = 6,0 A/m, Bs = 0,54 T, μ = 6000, 0,2 Ω·m. Das Reineisen wies folgende Werte auf: Hc = 80 A/m, Bs = 2,0 T, μ = 5000, ρ = $1 \times 10^{-7}$ Ω·m. Das Bakelit wies folgende Werte auf: μ = 1, ρ = $1 \times 10^{11}$ Ω·m.

**[0105]** Wenn der Abstand zwischen den einander gegenüberliegenden Flächen des Paares von oberen und unteren ringförmigen Vorsprüngen auf 500 mm eingestellt wurde, betrug die Magnetfeldstärke 0,3 T und die Einheitlichkeit des Magnetfeldes in einem gemessenen Raum innerhalb von einem Radius von 200 mm rund um den Mittelpunkt des Raumes betrug 30 ppm. Die magnetische Flussdichte bei dieser Ausführungsform wurde durch Simulation unter Verwendung eines Finite-Element-Verfahrens berechnet, und das Ergebnis ist in **Fig.** 4 in Form eines Diagramms mit gleicher magnetischer Flussdichte dargestellt.

**[0106]** Weiterhin ist das Ergebnis der Messung des Remanenzmagnetfeldes und des nach der Erzeugung eines ansteigenden Magnetfeldes (8 m T/m) verursachten Wirbelstromes durch den Impulsstrom in der ansteigenden Magnetfeldspule bei einer Impulsbreite von 10 ms, und das Ergebnis der Messung in Tabelle 1 dargestellt.

### Vergleichsbeispiel 1

**[0107]** Bei der Magnetfelderzeugungsvorrichtung mit derselben Zusammensetzung wie in Beispiel 1 mit der Ausnahme, dass die dünne Bakelitplatte **57** nicht zwischen den Polstücken positioniert war, wurden die magnetischen Eigenschaften auf dieselbe Art und Weise gemessen. Eine Magnetfeldeinheitlichkeit von 30 ppm und eine Magnetfeldstärke von 0,3 T wurde durch die Messung innerhalb eines Radius von 200 m rund um den Mittelpunkt des Raumes gemessen. Die magnetische Flussdichte bei dieser Ausführungsform wurde durch Simulation unter Verwendung eines Finite-Element-Verfahrens berechnet, und das Ergebnis ist in **Fig.** 5 in Form eines Diagramms mit gleicher magnetischer Flussdichte dargestellt.

**[0108]** Weiterhin ist das Ergebnis der Messung des Remanenzmagnetfeldes und des nach der Erzeugung eines ansteigenden Magnetfeldes (8 m T/m) verursachten Wirbelstromes durch den Impulsstrom in der ansteigenden Magnetfeldspule bei einer Impulsbreite von 10 ms, und das Ergebnis der Messung in Tabelle 1 dargestellt.

**[0109]** Bei den in **Fig.** 4 und **Fig.** 5 dargestellten isomagnetischen Flussdichtediagrammen handelt es sich bei den auf den Kurven mit gleicher magnetischer Flussdichte dargestellten Zahlenwerten um die magnetische Flussdichte kG, die auf einer identischen Kurve angibt, dass die magnetische Flussdichte identisch ist. Wie an Hand der Diagramme ersichtlich, weist die magnetische Flussdichte in einem Bereich, in dem die ansteigenden Magnetfeldspulen (GC) dem magnetischen Polstück gegenüberliegen, einen Wert von 5,0 bis 5,4 KG auf, was nahe an einem magnetischen Sättigungszustand in dem Fall des Vergleichsbeispiels 1 liegt, während die magnetische Flussdichte 0,4 bis 0,42 T beträgt und angibt, dass nach der Anwendung eines ansteigenden Magnetfeldes in dem Fall von Beispiel 1 keine magnetische Sättigung eintritt.

Beispiel 2

**[0110]** Bei der Zusammensetzung von Beispiel 1 wurde das in **Fig.** 3 dargestellte Polstück an dem Dauermagneten befestigt. Das Polstück **60**, wies eine Zusammensetzung auf, die aus einem am Umfang angeordneten ringförmigen Vorsprung **62** aus Schmiedeeisen mit einer Größe von 1200 mm Außendurchmesser × 1000 mm Innendurchmesser × 70 mm Dicke auf einer Magnetwerkstoffbasis **61** aus Reineisen mit einer Größe von 1200 mm Außendurchmesser × 40 mm Dicke, Anordnung einer scheibenförmigen Siliziumstahlblechschicht mit einer Größe von 1000 mm Außendurchmesser × 15 mm Dicke (Mittelabschnitt), die aus blockförmigen Schichtsiliziumstahlblechen **66** zusammengesetzt war, indem nicht ausgerichtete Siliziumstahlbleche innerhalb des ringförmigen Vorsprunges **62** angeordnet wurden, und darin durch Laminieren einer Weichferritschicht mit einer Größe von 1000 mm Außendurchmesser × 10 mm Dicke (Mittelabschnitt), die mittels einer dünnen Bakelitplatte **67** mit einer Größe von 1000 mm Außendurchmesser × 1 mm Dicke aus blockförmigen Weichferrit **63** in eine scheibenförmige Form, die einen konvexen Vorsprung **65** aufweist, montiert wurde.

**[0111]** Der nicht ausgerichtete Siliziumstahl wies folgende Werte auf: Hc = 40 A/m, Bs = 1,7 T, μ = 12000, ρ = 45 × $10^{-8}$ Ω·m.

**[0112]** Wenn die magnetischen Merkmale auf dieselbe Art und Weise gemessen wurden, wurden für die Magnetfelderzeugungsvorrichtung mit der vorangegangenen Zusammensetzung 30 ppm der Einheitlichkeit des Magnetfeldes und 0,3 T der Magnetfeldstärke innerhalb eines Radius von 200 mm rund um den Mittelpunkt des Raumes erhalten. Weiterhin wurden das Remanenzmagnetfeld und der nach der Erzeugung eines ansteigenden Magnetfeldes (8 m T/m) verursachte Wirbelstrom durch den Impulsstrom in der ansteigenden Magnetfeldspule bei einer Impulsbreite von 10 ms gemessen, und das Ergebnis der Messung ist in Tabelle 1 dargestellt.

**[0113]** Das Remanenzmagnetfeld beträgt in dem Fall des Vergleichsbeispiels 1 4 mG, bei dem die Weichferritschicht direkt an der Magnetwerkstoffbasis angeordnet war, während das Remanenzmagnetfeld in jedem der Beispiele auf weniger als die Hälfte des Vergleichsbeispiels 1 verringert wurde, wobei in Beispiel 1 die Weichferritschicht auf die Magnetwerkstoffbasis laminiert, die dünne Bakelitplatte zwischen diesen positioniert wurde, und die dünne Bakelitplatte in Beispiel 2 zwischen der Siliziumstahlblech- und der Weichferritschicht positioniert wird.

**[0114]** Weiterhin ist der Wirbelstrom in Form eines Verhältnisses im Verhältnis zu dem Wert in dem Vergleichsbeispiel dargestellt, wobei dieser mit „1" angenommen wird. Es ist ersichtlich, dass das Verhältnis jeweils in Beispiel 1 und 2 stark verringert wird.

Tabelle 1

| | Remanenzmagnetfeld | Wirbelstrom |
|---|---|---|
| Beispiel 1 | 1,5 $10^{-7}$T | 1/4 |
| Beispiel 2 | 2,0 $10^{-7}$T | 1/5 |
| Vergleichsbeispiel 1 | 4 $10^{-7}$T | 1 |

**[0115]** Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die in dem Weichferrit durch die ansteigenden Magnetfeldspulen von der Magnetfelderzeugungsquelle wie zum Beispiel einem Dauermagnetbestandteil verursachte magnetische Sättigung verhindert werden, indem ein Paar von Polstücken einander an einem Raum in Form einer Schichtkonstruktion gegenüberliegt, wobei ein Weichferrit oder Schichtsiliziumstahlbleche und Weichferrit auf einer Magnetwerkstoffbasis angeordnet werden und eine Schicht mit niedriger magnetischer Leitfähigkeit und hohem elektrischen Widerstand wie zum Beispiel eine Kunstharzschicht, zwischen dem Weichferrit und den Schichtsiliziumstahlblechen angeordnet wird, was selbst unter der Wirkung des Magnetfeldes durch die ansteigenden Magnetfeldspulen keine teilweise oder vollständige magnetische Sättigung in dem Weichferrit zum Ergebnis hat, und die Streuung magnetischer Flüsse von dem Weichferrit zu der Magnetwerkstoffbasis oder den Schichtsiliziumstahlblechen verringert werden kann, wobei es als Ergebnis möglich ist, die Erzeugung des Wirbelstromes und des Remanenzmagnetismus in der Magnetwerkstoffbasis oder den Schichtsiliziumstahlblechen zu verringern, die durch das Magnetfeld von den ansteigenden Magnetfeldspulen verursacht werden, so dass das für eine Hochgeschwindigkeitsbildaufnahme erforderliche ansteigende durch das

FSE-Verfahren oder ähnliches erzeugte Magnetfeld in dem Raum des Magnetkreises in der MRI-Magnetfelderzeugungsvorrichtung in den Zustand einer stabilen Impulsfolgensteuerung gebracht werden kann.

**Patentansprüche**

1. Magnetfelderzeugungsvorrichtung zur Verwendung bei der Magnetresonanzbilderzeugung, die ein Paar von Magnetpolstücken (**2**) aufweist, die einander gegenüberliegend so angeordnet sind, dass sie in dem zwischen ihnen liegenden Zwischenraum (**4**) einen Arbeitsluftspalt festlegen;
wobei jedes Polstück (**2**) eine Schichtkonstruktion mit einer Mehrzahl von auf einer aus einer magnetischen Substanz wie zum Beispiel Eisen oder einem ähnlichen Werkstoff bestehenden Basisschicht (**51**) übereinanderliegend gelagerten Schichten aufweist;
und wobei die Schichtkonstruktion eine Weichferritschicht (**53**, **55**) aufweist, wobei eine Seite der Ferritschicht den Zwischenraum (**4**) direkt begrenzt und diesem gegenüberliegt;
wobei die Weichferritschicht (**53**, **55**) magnetisch von der Basisschicht (**51**) isoliert ist, indem eine Schicht (**57**) direkt gegen ihre am nächsten an der Basisschicht (**51**) angeordnete Seite positioniert wird,
wobei die Vorrichtung
**dadurch gekennzeichnet** ist, dass
die Schicht (**57**) eine niedrige magnetische Leitfähigkeit von etwa 1 und einen spezifischen elektrischen Widerstand von mehr als 0,2 Ωm aufweist, und dass die Dicken der jeweiligen Schichten, das heißt die aus dem Weichferritwerkstoff bestehende Schicht (**53**, **55**), die eine kleine magnetische Leitfähigkeit und einen hohen elektrischen Widerstand aufweisende Schicht (**57**) und die aus magnetischem Werkstoff bestehende Basisschicht (**51**) Maximaldicken in dem folgenden Verhältnis zueinander aufweisen: 5–50 : 0,5–5 : 10–50.

2. Magnetfelderzeugungsvorrichtung zur Verwendung bei der Magnetresonanzbilderzeugung, die ein Paar von Magnetpolstücken (**2**) aufweist, die einander gegenüberliegend so angeordnet sind, dass sie in dem zwischen ihnen liegenden Zwischenraum (**4**) einen Arbeitsluftspalt festlegen; wobei jedes Polstück (**2**) eine Schichtkonstruktion mit einer Mehrzahl von auf einer aus einer magnetischen Substanz wie zum Beispiel Eisen oder einem ähnlichen Werkstoff bestehenden Basisschicht (**61**) übereinanderliegend gelagerten Schichten aufweist;
und wobei die Schichtkonstruktion eine Weichferritschicht (**63**, **65**) aufweist, wobei eine Seite der Ferritschicht den Zwischenraum (**4**) direkt begrenzt und diesem gegenüberliegt;
und wobei zwischen der Weichferritschicht (**63**, **65**) und der Basisplattenschicht (**61**) eine aus laminierten Siliziumstahlblechen bestehende Schicht (**66**) positioniert ist, wobei die aus laminierten Siliziumstahlblechen bestehende Schicht (**66**) direkt an die Basisschicht (**61**) angrenzend positioniert ist;
wobei die Weichferritschicht (**63**, **65**) magnetisch von der Basisschicht (**61**) isoliert ist, indem eine Schicht (**67**) direkt gegen ihre am nächsten an der Basisschicht (**61**) angeordnete Seite positioniert wird, wobei die Vorrichtung
dadurch gekennzeichnet ist,
dass die Schicht (**67**) eine niedrige magnetische Leitfähigkeit von etwa 1 und einen spezifischen elektrischen Widerstand von mehr als 0,2 Ωm aufweist, und dass das Polstück eine Schichtkonstruktion aufweist, in der eine aus Weichferritblöcken, die dafür vorgesehen sind, die Schicht zu bilden, bestehende Schicht (**63**, **65**) dem Zwischenraum (**4**) gegenüberliegend angeordnet ist, und wobei die eine kleine magnetische Leitfähigkeit und hohen elektrischen Widerstand aufweisende Schicht (**67**) zum Haften an den Blöcken der Ferritschicht veranlasst und zwischen einer aus Weichferrit bestehenden Schicht (**63**, **65**) und der aus laminierten Siliziumstahlblechen bestehenden Schicht (**66**) positioniert ist;
wobei die Schicht (**66**) aus einer Mehrzahl von Blöcken besteht, wobei jeder einzelne Block aus einer Anzahl von zusammenlaminierten Stahlblechen besteht, und dass die Dicken der jeweiligen Schichten, das heißt die aus den Ferritblöcken bestehende Schicht (**63**, **65**), die eine kleine magnetische Leitfähigkeit und einen hohen elektrischen Widerstand aufweisende Schicht (**67**), die aus Blöcken zusammenlaminierter Siliziumstahlbleche ausgebildete Schicht (**66**) und die aus magnetischem Werkstoff bestehende Basisschicht (**61**) Maximaldicken in dem folgenden Verhältnis zueinander aufweisen: 3–15 : 0,5–5 : 2–35 : 10–50.

3. Magnetfelderzeugungsvorrichtung zur Verwendung bei der Magnetresonanzbilderzeugung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der eine kleine magnetische Leitfähigkeit und einen hohen elektrischen Widerstand aufweisenden Schicht (**57**; **67**) im Bereich von 0,5 mm bis 5 mm liegt.

4. Magnetfelderzeugungsvorrichtung zur Verwendung bei der Magnetresonanzbilderzeugung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die aus magnetischem Werkstoff bestehende Basisschicht (**51**; **61**) scheibenförmig ist und einen ringförmigen Vorsprung mit einem aus magnetischem Werkstoff bestehenden Ring (**52**; **62**) mit einem oder mehreren Querschlitzen aufweist und in Richtung der

dem Spalt gegenüberliegenden Fläche des Polstückes angeordnet ist.

5. Magnetfelderzeugungsvorrichtung zur Verwendung bei der Magnetresonanzbilderzeugung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein aus magnetischem Werkstoff bestehender Umfangsring (**52**; **62**) auf der Basisschicht (**51**; **61**) angeordnet ist, während ein Weicheisenkern (**54**) von einem Zentralbereich der Basisschicht (**51**; **61**) hervorsteht, und dass die auf der Basisschicht (**51**; **61**) gelagerte Ferritschicht (**53**, **55**; **63**, **65**) so angeordnet ist, dass sie einen aus Ferritwerkstoff bestehenden verdickten Zentralbereich (**55**; **65**) aufweist, der von einem umgebenden dünneren Bereich (**53**; **63**) hervorsteht.

6. Magnetfelderzeugungsvorrichtung zur Verwendung bei der Magnetresonanzbilderzeugung nach Anspruch 1 und jedem Unteranspruch desselben, dadurch gekennzeichnet, dass die aus magnetischem Werkstoff bestehende Basis (**41**) die Form einer rechteckigen Platte aufweist und dass jeweils die Form einer aus einem magnetischem Werkstoff hergestellten rechteckigen Stange (**42**) aufweisende Vorsprünge an beiden Axialenden an der Oberfläche des Polstückes angeordnet sind, welches dem den Arbeitsspalt der Vorrichtung enthaltenden Zwischenraum (**4**) gegenüberliegt.

7. Magnetfelderzeugungsvorrichtung zur Verwendung bei der Magnetresonanzbilderzeugung nach Anspruch 2 und jedem Unteranspruch desselben, dadurch gekennzeichnet, dass die magnetische Leitfähigkeit des laminierten Siliziumstahlbleches gleich oder größer als die magnetische Leitfähigkeit des Ferrits ist.

8. Magnetfelderzeugungsvorrichtung zur Verwendung bei der Magnetresonanzbilderzeugung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die eine kleine magnetische Leitfähigkeit und einen hohen elektrischen Widerstand aufweisende Schicht (**57**; **67**) aus mindestens einem von Kunstharzwerkstoff, Keramikwerkstoff, Hartholz, Faserplatten und einer Schicht hergestellt ist, in welcher Luft ein Hauptbestandteil ist.

9. Magnetfelderzeugungsvorrichtung zur Verwendung bei der Magnetresonanzbilderzeugung nach einem der vorangegagenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in der Weichferritschicht (**53**, **55**; **63**, **65**) ein Mn-Zn-Ferrit eines Ni-Zn-Ferrits verwendet wird.

10. Magnetfelderzeugungsvorrichtung zur Verwendung bei der Magnetresonanzbilderzeugung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die magnetische Basisschicht (**51**; **61**) aus elektromagnetischem Weicheisen oder Reineisen hergestellt ist.

11. Magnetfelderzeugungsvorrichtung zur Verwendung bei der Magnetresonanzbilderzeugung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Weichferrit um ein Mn-Zn-Ferrit handelt, wobei die eine kleine magnetische Leitfähigkeit und hohen elektrischen Widerstand aufweisende Schicht aus Bakelit® hergestellt, und die aus magnetischem Werkstoff bestehende Basisschicht aus Reineisen hergestellt ist.

12. Magnetfelderzeugungsvorrichtung zur Verwendung bei der Magnetresonanzbilderzeugung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die eine kleine magnetische Leitfähigkeit und hohen elektrischen Widerstand aufweisende Schicht (**57**; **67**) aus Bakelit® hergestellt ist.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

**Anhängende Zeichnungen**

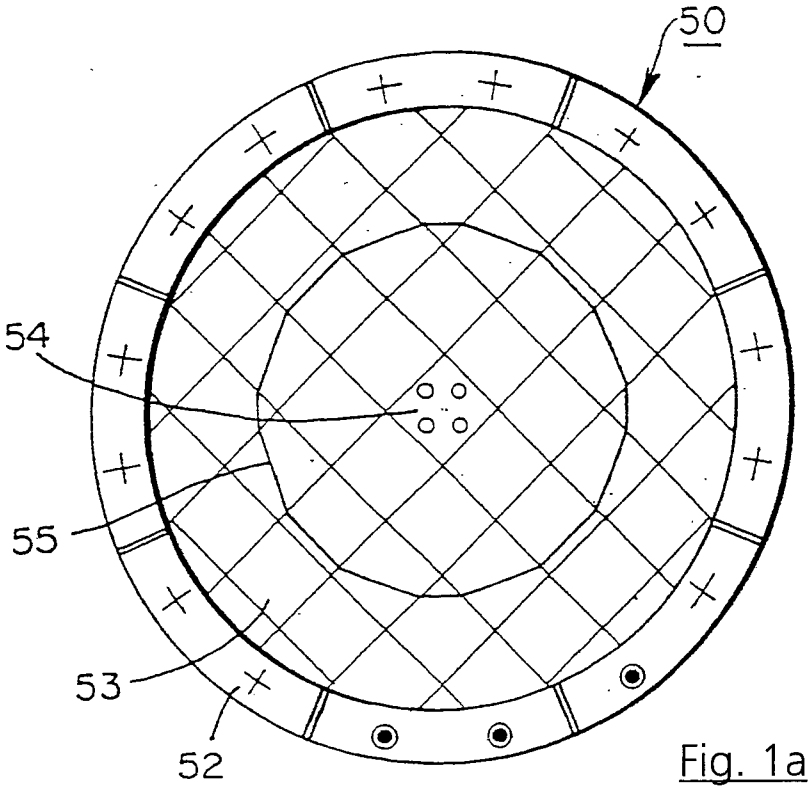



Fig. 1a

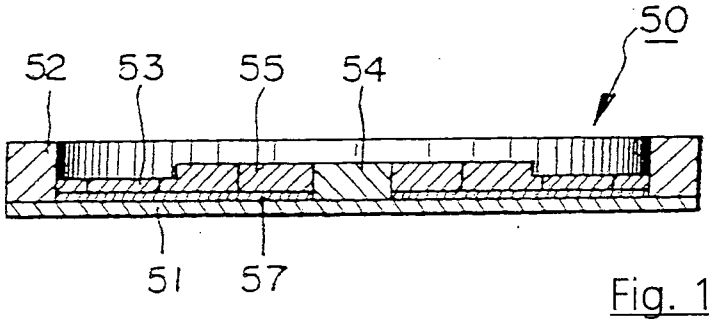



Fig. 1b

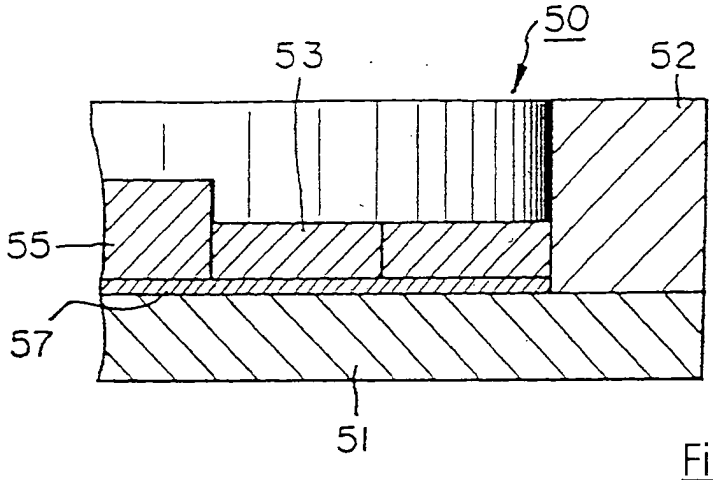



Fig. 2

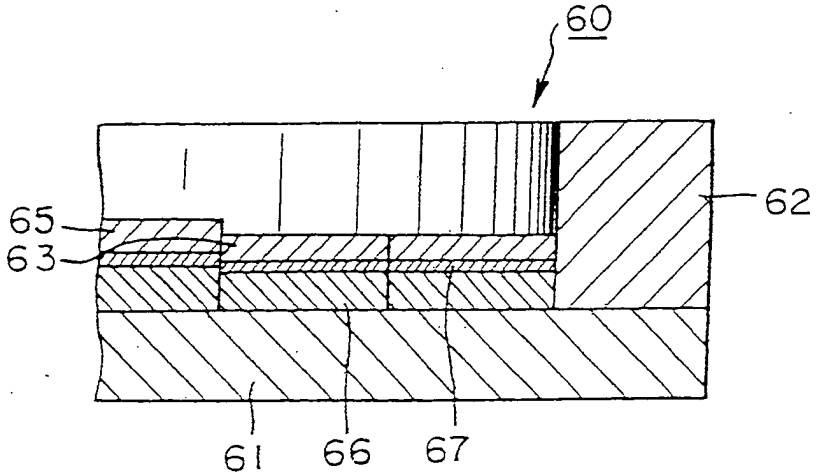



Fig. 3

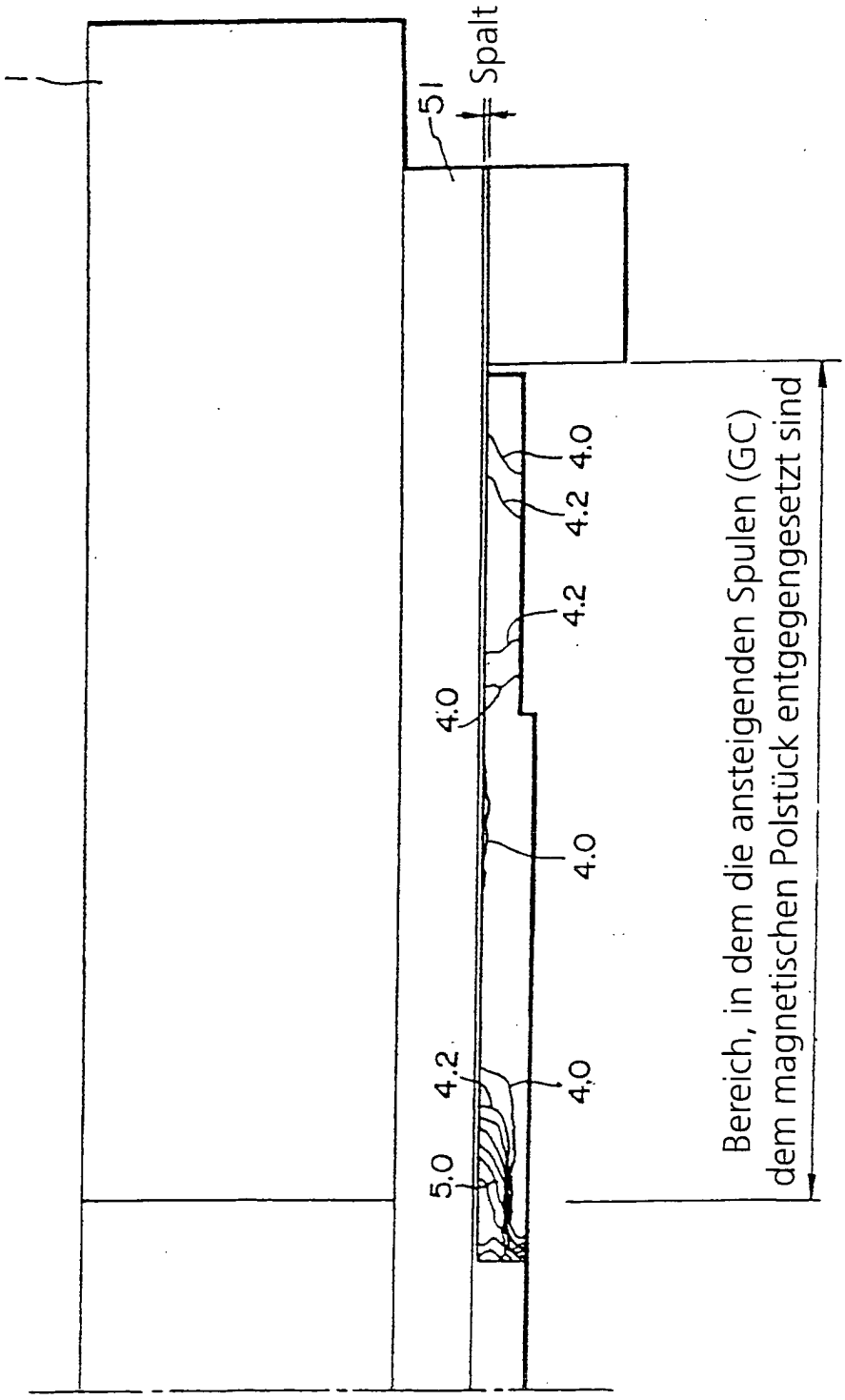

Spalt
51
4.0
4.2
4.2
4.0
4.0
4.2
4.0
5.0
Bereich, in dem die ansteigenden Spulen (GC)
dem magnetischen Polstück entgegengesetzt sind

Fig. 4

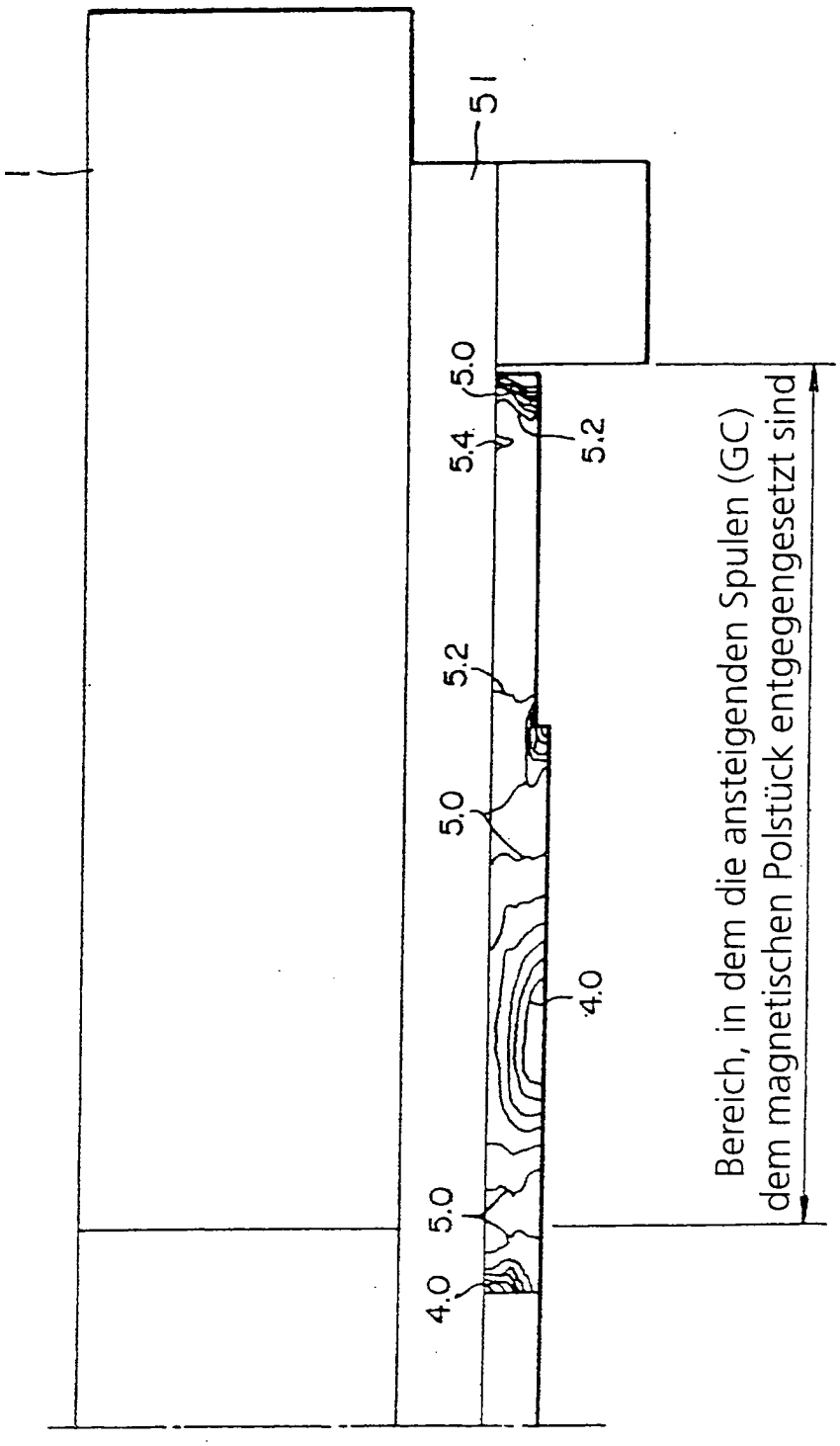
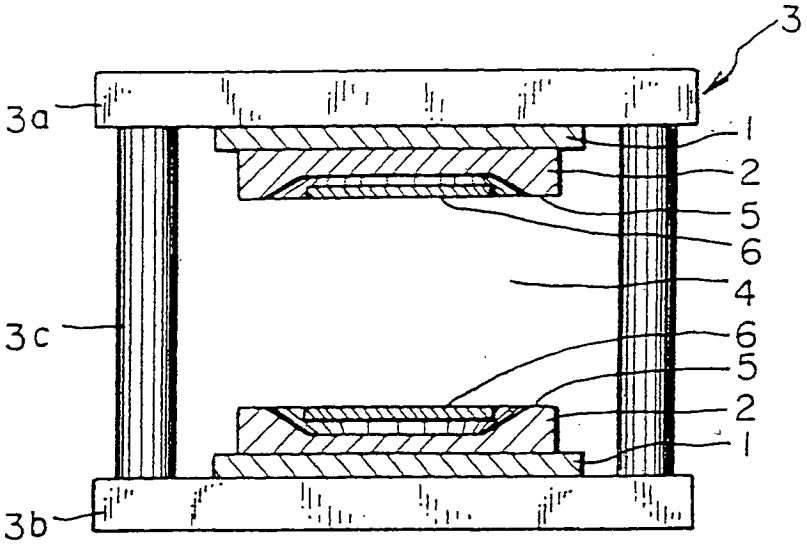

51
5.0
5.4
5.2
5.2
5.0
4.0
5.0
4.0
Bereich, in dem die ansteigenden Spulen (GC)
dem magnetischen Polstück entgegengesetzt sind

Fig. 5




Stand der Technik

Fig. 6a

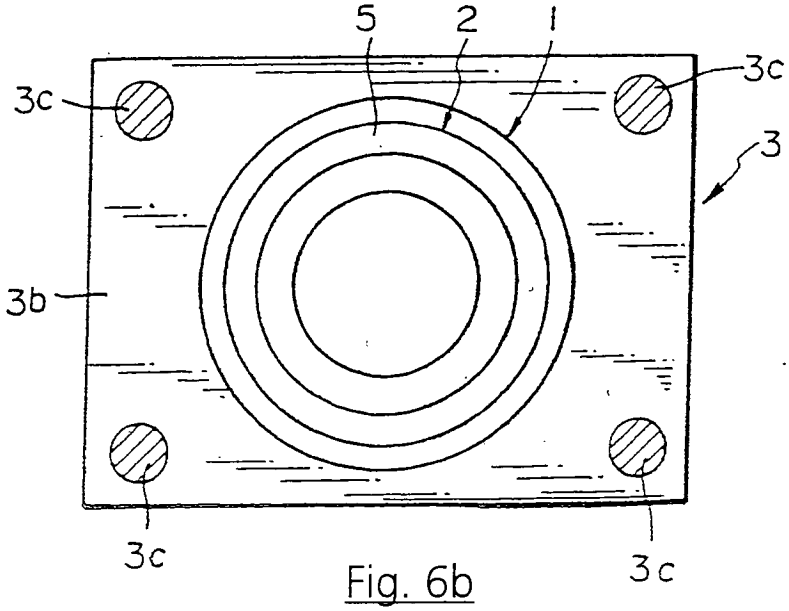



Fig. 6b

Stand der Technik

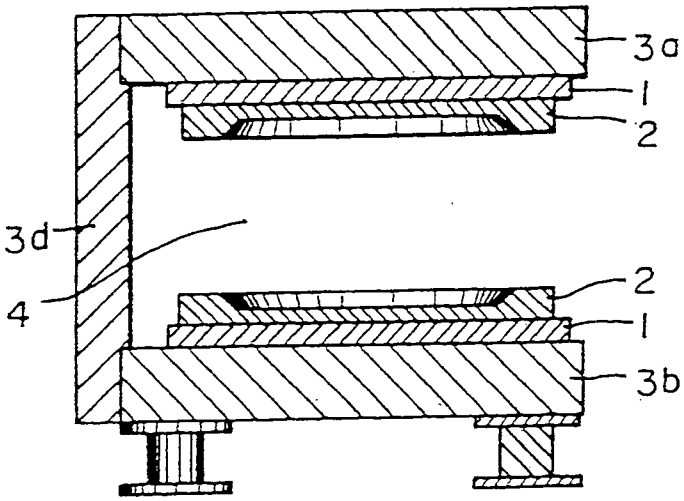
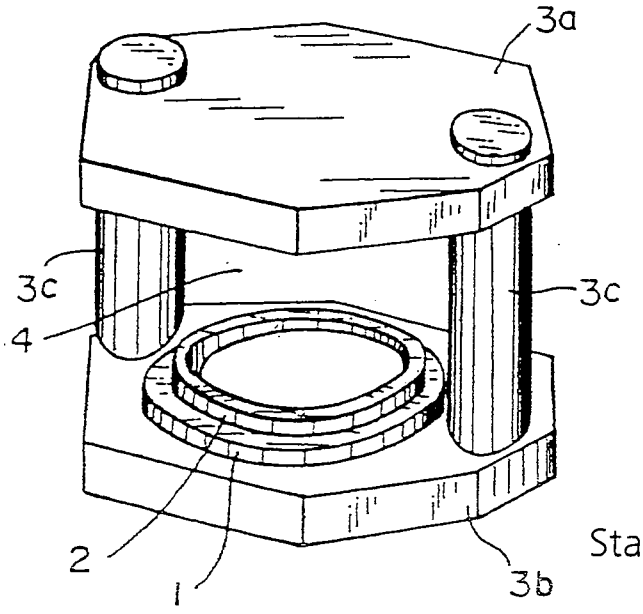
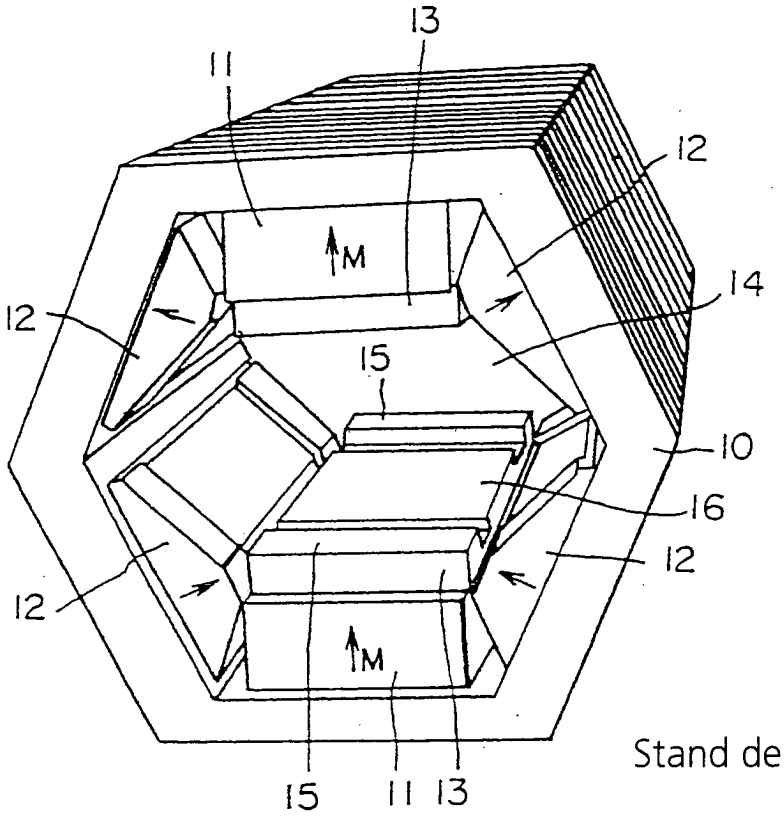



Fig. 7 Stand der Technik




Stand der Technik

Fig. 8




Stand der Technik

Fig. 9

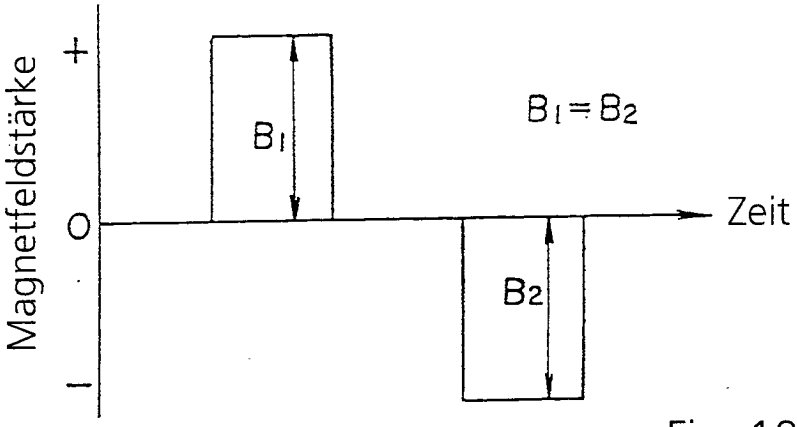



Fig. 10a

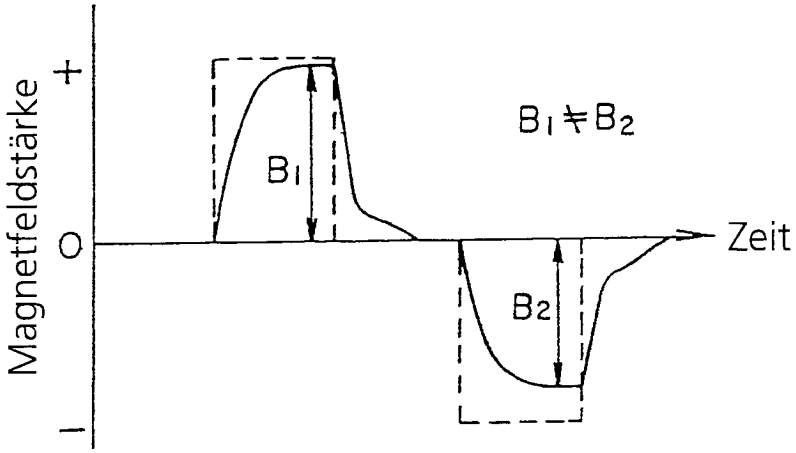



Fig. 10b

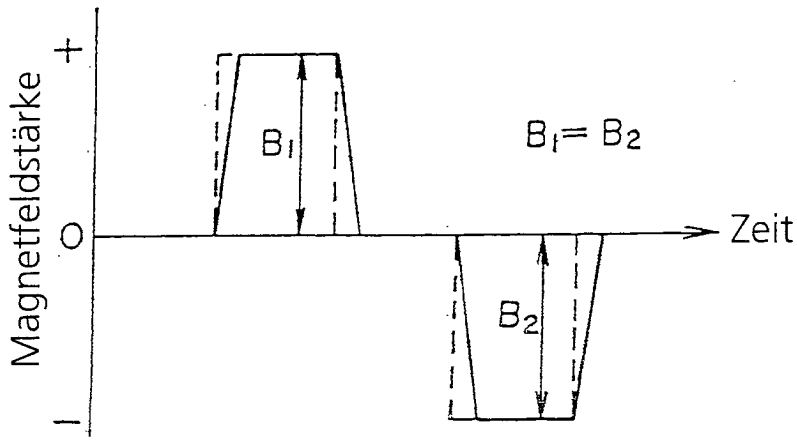



Fig. 10c

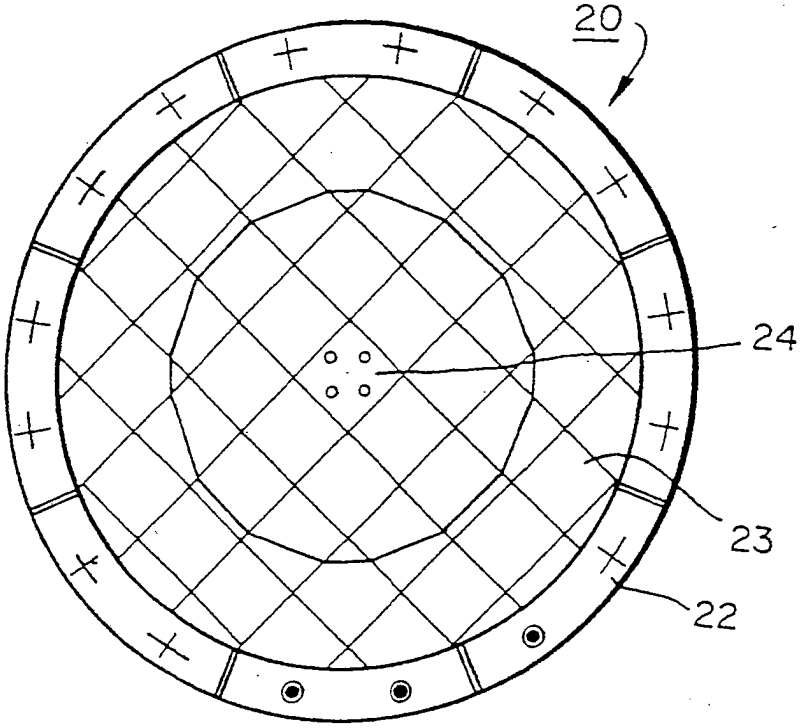
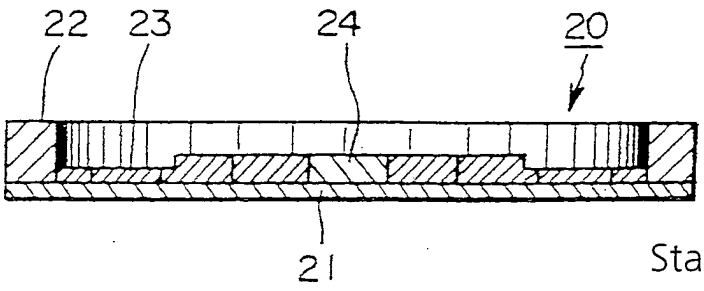



Fig. 11a




Stand der Technik

Fig. 11b

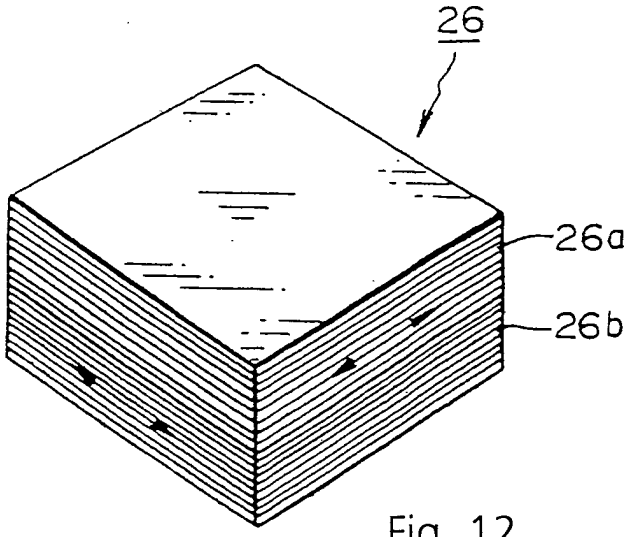



Fig. 12

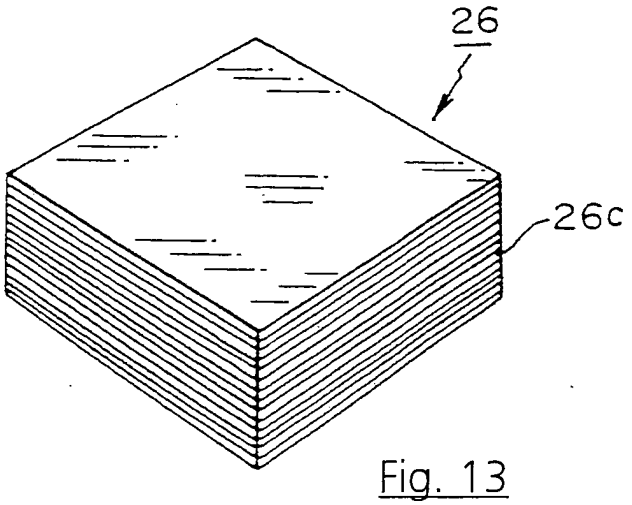



Fig. 13

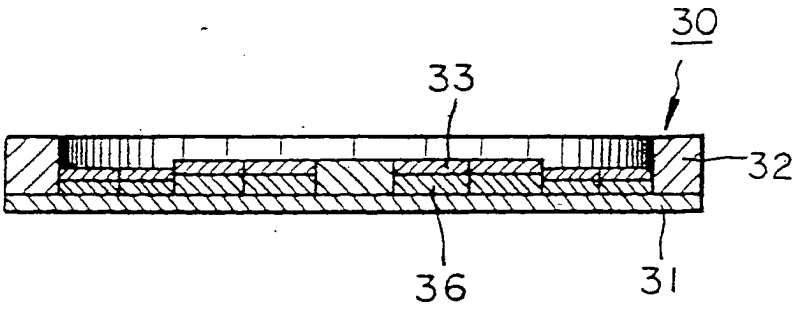



Fig. 14

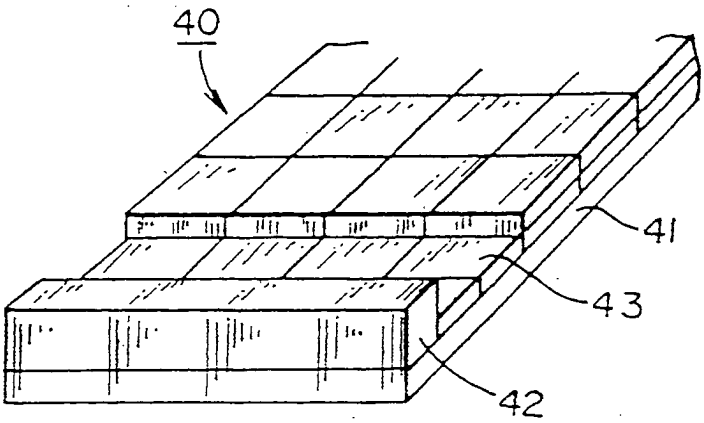



Fig. 15